



TUGAS AKHIR - MN 141581

**DESAIN *FLOATING POWER PLANT* DENGAN TENAGA
PANEL SURYA UNTUK MASYARAKAT MALUKU UTARA**

**Dina Ayu Puspitasari
NRP 4113100055**

**Dosen Pembimbing
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



TUGAS AKHIR - MN 141581

**DESAIN *FLOATING POWER PLANT* DENGAN TENAGA
PANEL SURYA UNTUK MASYARAKAT MALUKU UTARA**

**Dina Ayu Puspitasari
NRP 4113100055**

**Dosen Pembimbing
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT - MN 141581

**DESIGN OF FLOATING POWER SOLAR PANEL PLANT
FOR NORTH MALUKU**

**Dina Ayu Puspitasari
NRP 4113100055**

**Supervisor
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN *FLOATING POWER PLANT* DENGAN TENAGA PANEL SURYA UNTUK MASYARAKAT MALUKU UTARA

TUGAS AKHIR


Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:


DINA AYU PUSPITASARI
NRP 4113 100 055

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing


Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
NIP 19640210 198903 1 001

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan


Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, 25 APRIL 2018

LEMBAR REVISI

DESAIN FLOATING POWER PLANT DENGAN TENAGA PANEL SURYA UNTUK MASYARAKAT MALUKU UTARA

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
11 April 2018

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

DINA AYU PUSPITASARI
NRP 4113100055

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Totok Yulianto, S.T., M.T.



.....

2. Hasanudin, S.T., M.T



.....

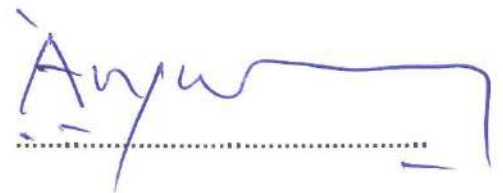
3. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.



.....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.



.....

SURABAYA, 25 APRIL 2018

Dipersembahkan kepada Ayah, Ibu dan Mas atas segala dukungan dan doanya

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Ayah dan Ibu yang selalu menyayangi, mencintai dan mendukung penulis hingga saat ini
2. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
3. Dr. Ir I Ketut Suastika selaku dosen wali penulis selama menjalani perkuliahan di Departemen Teknik Perkapalan;
4. Slamet Setiawan, Novia Indah Permata Sari, M. Bagus Yudha P.H. yang sangat penulis cintai dan sayangi, terima kasih atas kasih sayang, doa dan dukungannya.
5. Edo, Mayangkara, dan Kevin selaku teman satu bimbingan Tugas Akhir yang telah banyak membantu penulis menyelesaikan masalah dalam Tugas Akhir
6. Shakina, Zaki, Fafa, Dwiko, Bimo, Dedi, Agil, Taufik, Chevi dan Feisal selaku teman dan sahabat yang telah banyak membantu penulis di bangku kuliah, hingga menyelesaikan Tugas Akhir
7. Keluarga P-53 (SUBMARINE) yang telah banyak membantu selama masa perkuliahan penulis hingga melaksanakan Tugas Akhir;
8. Dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesain Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 25 April 2018

Dina Ayu Puspitasari

DESAIN *FLOATING POWER PLANT* DENGAN TENAGA PANEL SURYA UNTUK MASYARAKAT MALUKU UTARA

Nama Mahasiswa : Dina Ayu Puspitasari
NRP : 4113 100 055
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Ir. Wasis Dwi Aryawan M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Provinsi Maluku Utara, merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang masih perlu diperhatikan kondisi kelistrikannya. Untuk mengatasi masalah kelistrikan tersebut perlu diterapkan sumber pembangkit listrik yang berasal dari sumber energi yang terbarukan, dan juga ramah lingkungan, Provinsi Maluku Utara lebih tepatnya pada wilayah Pulau Ternate merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi penyinaran Matahari yang cukup baik karena pulau Ternate sendiri berada disekitaran Laut Maluku. Tujuan dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah untuk mendapatkan desain konseptual dari *Floating Power Plant* dengan tenaga Panel Surya sebagai pengganti sebagian PLTD yang digunakan di wilayah Pulau Ternate. PLTS ini akan dibangun menggantikan PLTD sebesar 12% yang berada di pulau Ternate. Desain *Floating Power Plan* adalah berdasarkan hasil fungsi luasan yang dinilai paling sesuai dengan tujuan pembuatan *Floating Power Plan* kemudian didapat *payload* luasan dek dan ukuran utama kapal. Setelah itu dilakukan perhitungan teknis meliputi *freeboard* dan stabilitas, berat, kebutuhan yang berkaitan dengan sistem panel surya, dan *trim*. Ukuran utama yang didapatkan adalah $L_{pp} = 177$ m; $B = 45$ m; $H = 12.3$ m; $T = 9$ m; dengan jumlah panel surya sebanyak 3,125; 4 buah baterai; 2 buah *inverter*; dan 1 buah *controller*. Tinggi *freeboard* minimum sebesar 2,357 m, dan kondisi satbilitas *Floating Power Plan* memenuhi *Intact Stability (IS) Code 2008*. Kemudian dari perhitungan penentuan ukuran utama kapal dapat dibuat Rencana Garis, Rencana Umum, dan 3D Model

Kata kunci: Kapal Pembangkit Listrik, Panel Surya, Maluku Utara

DESIGN OF FLOATING POWER SOLAR PANEL PLANT FOR NORTH MALUKU

Author : Dina Ayu Puspitasari
Student Number : 4113100055
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D

ABSTRACT

North Maluku Province, is a province that the electricity sector need to be improved. To resolve electricity problem, eco friendly power plant is needed. The purpose of this final project is to obtain conceptual design of solar powered floating power plant to replace diesel powered power plant in Ternate Island. This solar powered floating power plant will replace diesel powered power plant for approximately 12%. floating power plant payload was obtained by area function that is suitable with the purpose, then deck area and main dimension was obtained. Afterwards technical calculation was conducted such as freeboard and stability, weight, solar panel system, and trim calculation. Main dimension obtained is $L_{pp}=177$ m, $B=45$ m, $H=12.3$ m, $T=9$ m. With amount of solar panels used is 3125, 4 batteries, 2 inverters, and 1 controller. Minimum freeboard height 2.357 m and stability condition fulfilled Intact Stability (IS) code 2008. afterwards lines plan, general arrangement, and 3d model was calculated based on main dimension calculation.

Keyword: Power Plant Ship, Solar Panel, North Maluku

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
Bab I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang Masalah.....	1
I.2. Perumusan Masalah.....	3
I.3. Tujuan.....	3
I.4. Batasan Masalah.....	3
I.5. Manfaat.....	3
I.6. Hipotesis	4
Bab II STUDI LITERATUR	5
II.1. Dasar Teori	5
II.1.1. Jumlah Daya Panel Surya	5
II.1.2. Jumlah Baterai	5
II.2. Tinjauan Pustaka	5
II.2.1. Listrik.....	5
II.2.2. Pembangkit Listrik.....	6
II.2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Panel Surya.....	7
II.2.4. <i>Barge</i>	10
II.2.5. Kapal Pembangkit Listrik (<i>Power Ship</i>).....	12
II.2.6. Tinjauan Daerah.....	14
II.2.7. Teori Desain.....	16
II.2.8. Tujuan Desain	16
II.2.9. Tahapan Desain.....	16
II.2.9.1 <i>Concept Design</i>	17
II.2.9.2 Preliminary Design	17
II.2.9.3 Contract Design	18
II.2.9.4 <i>Detail Design</i>	18
II.2.10. Metode Desain Kapal.....	19
II.2.10.1 <i>Parent Design Approach</i>	19
II.2.10.2 <i>Trend Curve Approach</i>	19
II.2.10.3 <i>Iterative Design Approach</i>	19
II.2.10.4 <i>Parametric Design Approach</i>	20
II.2.10.5 <i>Optimation Design Approach</i>	20
II.2.11. Tinjauan Teknis Desain Kapal.....	20
II.2.11.1 Penentuan Ukuran Utama Dasar	20

II.2.11.2 Perhitungan Berat Baja Kapal.....	21
II.2.11.3 Perhitungan <i>Trim</i> dan Stabilitas.....	21
II.2.11.4 Perhitungan <i>Freeboard</i>	23
II.2.12 Biaya Pembangunan.....	24
Bab III METODOLOGI	27
III.1. Bagan Alir	27
III.2. Proses Pengerjaan.....	28
III.2.1 Pengumpulan Data.....	28
III.2.2 Analisis Data dan Penentuan Parameter Desain.....	28
III.2.3 Pembuatan <i>Layout</i> Awal.....	28
III.2.4 Perhitungan Teknis	29
III.2.5 Pembuatan Desain Rencana Garis, Rencana Umum dan 3D	29
Bab IV ANALISIS TEKNIS	31
IV.1. Tinjau Lokasi.....	31
IV.2. Analisis Kebutuhan	32
IV.3. Skenario Distribusi Energi Listrik.....	37
IV.4. Penentuan Jumlah Panel Surya dan Jumlah Baterai.....	38
IV.5. Penentuan <i>Payload</i>	41
IV.6. Penentuan Ukuran Utama.....	41
IV.7. Perhitungan Teknis.....	43
IV.7.1. Perhitungan Froude Number.....	43
IV.7.2. Perhitungan Coefficient	43
IV.7.3. Perhitungan Displacement	44
IV.7.4. Perhitungan <i>Freeboard</i>	44
IV.7.5. Perencanaan Tangki	45
IV.7.6. Perhitungan Tebal Pelat	45
IV.7.7. Perhitungan Berat <i>Floating Power Plant</i>	46
IV.7.8. Perhitungan DWT	46
IV.7.9. Perhitungan LWT	47
IV.7.10. Koreksi <i>Displacement</i>	48
IV.7.11. Perhitungan Trim	49
IV.7.12. Perhitungan Stabilitas	49
IV.7.13. Desain Rencana Garis (<i>Lines Plan</i>)	52
IV.7.14. Desain Rencana Umum (<i>General Arrangement</i>).....	53
IV.7.15. Pembuatan Desain 3D.....	55
IV.7.16. Sistem Penambatan (<i>Mooring</i>)	56
Bab V analisis ekonomis	59
V.1. Estimasi Biaya Pembangunan	59
V.2. Estimasi Biaya Operasional.....	62
V.3. Estimasi Harga Listrik.....	63
V.4. Estimasi Keuntungan Bersih	64
Bab VI KESIMPULAN DAN SARAN	65
VI.1. Kesimpulan.....	65
VI.2. Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA.....	67
LAMPIRAN	
LAMPIRAN A DATA PENUNJANG TUGAS AKHIR	
LAMPIRAN B PERHITUNGAN TEKNIS DESAIN <i>FLOATING POWER PLANT</i>	

LAMPIRAN C	PERHITUNGAN BIAYA PEMBANGUNAN <i>FLOATING POWER PLANT</i>
LAMPIRAN D	DESAIN <i>LINES PLAN FLOATING POWER PLANT</i>
LAMPIRAN E	DESAIN <i>GENERAL ARRANGEMENT FLOATING POWER PLANT</i>
LAMPIRAN F	DESAIN 3D MODEL <i>FLOATING POWER PLANT</i>
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Peta Rencana Pengembangan Sistem	2
Gambar II.1 Konstruksi <i>Barge</i>	12
Gambar II.2 Peta Maluku Utara	14
Gambar II.3 Kondisi Gelombang di Maluku Utara	15
Gambar II.4 Diagram Desain Spiral	17
Gambar III.1 Diagram Bagan Alir	27
Gambar IV.1 Rencana Penempatan FPL	31
Gambar IV.2 Solar Panel Merk REC	33
Gambar IV.3 Solar Panel Merk LG	34
Gambar IV.4 Grafik Performa Solar Panel Merk REC	35
Gambar IV.5 Inverter Merk ABB	36
Gambar IV.6 Baterai Merk Bosch	36
Gambar IV.7 Controller Solar Panel Merk Schneider Electric	37
Gambar IV.8 Skenario Peletakan Floating Power Plant	38
Gambar IV.9 Spesifikasi Baterai	40
Gambar IV.10 Layout Awal Kapal	42
Gambar IV.11 Tampak Precpective	53
Gambar IV.12 Lines Plan Floating Power Plant	53
Gambar IV.13 General Arrangement Floating Power Plant	55
Gambar IV.14 Model 3D Tampak Samping	56
Gambar IV.15 Model 3D	56
Gambar IV.16 Sistem Mooring	57

DAFTAR TABEL

Tabel IV.1 Spesifikasi Panel Surya 72 SERIES	38
Tabel IV.2 Kapasitas Pembangkit Terpasang di Maluku Utara	39
Tabel IV.3 Payload	41
Tabel IV.4 Rekapitulasi Perhitungan Beban	46
Tabel IV.5 Rekapitulasi Perhitungan DWT Floating Power Plant.....	47
Tabel IV.6 Rekapitulasi Perhitungan LWT Floating Power Plant.	47
Tabel IV.7 Koreksi Displacement.....	49
Tabel IV.8 Perhitungan Trim.....	49
Tabel IV.9 Rekapitulasi Hasil Perencanaan Tangki	50
Tabel IV.10 Hasil Rekapitulasi 3 Loadcase	52
Tabel V.1 Rekapitulasi Biaya Pembangunan	59
Tabel V.2 Rekapitulasi Biaya Equipment & Outfitting	60
Tabel V.3 Rekapitulasi Biaya Pembangunan	61
Tabel V.4 Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi.....	61
Tabel V.5 Rekapitulasi Biaya Operasional <i>Floating Power Plant</i>	62
Tabel V.6 Estimasi Keuntungan Bersih	64

DAFTAR SIMBOL

L	= Panjang kapal (m)
Loa	= <i>Length overall</i> (m)
Lpp	= <i>Length perpendicular</i> (m)
Lwl	= <i>Length of waterline</i> (m)
T	= Sarat kapal (m)
H	= Tinggi lambung kapal (m)
B	= Lebar keseluruhan kapal (m)
H	= Tinggi keseluruhan kapal (m)
Vs	= Kecepatan dinas kapal (knot)
V _{max}	= Kecepatan maksimal kapal (knot)
Fn	= <i>Froude number</i>
Rn	= <i>Reynolds number</i>
C _B	= Koefisien blok
C _p	= Koefisien prismatik
C _m	= Koefisien midship
C _{wp}	= Koefisien <i>water plane</i>
ρ	= Massa jenis (kg/m ³)
g	= Percepatan gravitasi (m/s ²)
Δ	= <i>Displacement</i> kapal (ton)
∇	= <i>Volume displacement</i> (m ³)
LCB	= <i>Longitudinal center of bouyancy</i> (m)
VCG	= <i>Vertical center of gravity</i> (m)
LCG	= <i>Longitudinal center of gravity</i> (m)
LWT	= <i>Light weight tonnage</i> (ton)
DWT	= <i>Dead weight tonnage</i> (ton)
R _T	= Hambatan total kapal (N)
WSA	= Luasan permukaan basah (m ²)
C _w	= Koefisien hambatan gelombang
C _F	= Koefisien hambatan gesek
C _T	= Koefisien hambatan total
η	= Koefisien dari efisiensi

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Rasio elektrifitas (*elektrification rate*) dapat menjadi kebutuhan dasar masyarakat. Diketahui bersama bahwa di era globalisasi yang marak akan penggunaan teknologi seperti saat ini, kebutuhan akan ketenaga listrikan khususnya di Indonesia meningkat. Akan tetapi, saat ini rasio elektrifikasi di Indonesia belum menunjukkan adanya distribusi yang merata di daerah. Penyediaan pasokan listrik yang merata di Indonesia sudah seharusnya terwujud. Sebab, pemerintah sudah memberikan kewenangan pada pihak swasta untuk bisa terlibat dalam penyediaan listrik secara terintegrasi. (Arfianto Purbolaksono, 2015)

Selain itu, program percepatan elektrifikasi di pedesaan juga memanfaatkan penggunaan energi terbarukan sebagai sumber energi listrik. PT Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan badan usaha lain membangun pembangkit listrik berkapasitas di bawah 50 MW di sistem *off grid* tanpa perlu masuk terlebih dahulu dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik. Sistem *off grid* merupakan sistem pembangkit listrik tenaga surya untuk daerah-daerah terpencil/pedesaan yang tidak terjangkau jaringan PLN. (Indonesia, 2017)

Dilihat dari peta pengembangan sektor di Provinsi Maluku Utara pada Gambar I.1 khususnya di Ternate Maluku Utara. Sebagian besar pembangkit listriknya adalah menggunakan Tenaga Diesel (PLTD). Dimana diketahui bersama bahwa Tenaga Diesel (PLTD) menggunakan sumber energi BBM. Sumber bahan bakar tersebut adalah sebuah sumber bahan bakar yang akan habis dan tidak dapat diperbarui kembali.



(Sumber: RUPTL 2016-2025)

Gambar I.1 Peta Rencana Pengembangan Sistem

Selain itu, diesel sendiri juga tergolong mesin yang tidak ramah lingkungan, memang PLTD sendiri memiliki kelebihan seperti fleksibilitas yang cukup baik karna memudahkannya diletakkan dimana saja. Tetapi itu sendiri akan tetap membuat masyarakat disekitar PLTD itu sendiri akan merasa terganggu. Kemudian untuk mengurangi pemakaian dari PLTD itu sendiri, alangkah lebih baiknya kita menggunakan sumber energi yang dapat menghasilkan listrik yang cukup banyak tetapi sumber energi itu sendiri adalah sumber energi yang dapat diperbaharui kembali atau tidak dapat habis dan juga ramah lingkungan.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah salah satu pilihan yang tepat, dimana Pembangkit Listrik Tenaga Surya ini bergantung dari Sinar Matahari yang tidak akan habis, selain itu panel surya sendiri tidak menimbulkan polusi yang akan mengganggu masyarakat disekitar pembangkit itu sendiri. Akan sangat membuat masyarakat Maluku Utara beruntung apabila terdapat sebuah kapal pembangkit listrik yang dapat memenuhi kebutuhan listrik di daerah tersebut. Sehingga masyarakat tidak hanya tergantung dengan pembangkit listrik genset maupun pelita. Kapal ini akan didesain secara efisien dan fleksibel sehingga dapat dipindah

tempatkan dimana kapal pembangkit listrik tersebut dibutuhkan. Kemudian metode yang akan digunakan dalam mendesain kapal pembangkit listrik ini adalah dengan menggunakan *software Autocad*.

I.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, beberapa permasalahan yang akan diselesaikan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mendapatkan *payload* yang sesuai ?
2. Bagaimana menentukan ukuran utama kapal pembangkit listrik ?
3. Bagaimana mendesain rencana garis dan rencana umum ?
4. Bagaimana mendapatkan desain 3D pembangkit listrik yang sesuai serta menentukan sistem tambatnya ?
5. Bagaimana menentukan *Building Cost* pembangkit listrik tersebut?

I.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan *payload* untuk mendukung kondisi di Ternate – Maluku Utara
2. Menentukan ukuran utama Kapal pembangkit listrik
3. Mendapatkan desain rencana garis dan rencana umum
4. Membuat desain 3D kapal pembangkit listrik serta sistem tambatnya; dan
5. Menentukan *Building Cost* pada penggunaan pembangkit listrik

I.4. Batasan Masalah

Dalam pengerjaan tugas akhir ini batasan masalah yang ditentukan adalah:

1. Masalah teknis (desain) yang dibahas hanya sebatas *concept design*.
2. Pembuatan desain dibatasi oleh penggunaan software *Maxsurf*, *CAD*, dan *SketchUp Student Version*.
3. Tidak membahas perhitungan konstruksi, kekuatan memanjang, dan kekuatan melintang.
4. Tidak membahas sistem instalasi penyaluran listrik dari *Floating Power Plant* ke daratan.

I.5. Manfaat

Dari Tugas Akhir ini, diharapkan dapat diambil manfaat sebagai berikut:

1. Secara akademis, diharapkan hasil pengerjaan Tugas Akhir ini dapat membantu menunjang proses belajar mengajar dan turut memajukan khazanah pendidikan di Indonesia.
2. Secara praktek, diharapkan hasil dari Tugas Akhir ini dapat berguna sebagai referensi pengadaan dan desain Kapal pembangkit listrik yang sesuai, untuk distribusi listrik pada daerah-daerah kekurangan listrik di Indonesia, khususnya Provinsi Maluku Utara

I.6. Hipotesis

Barge pembangkit listrik dengan menggunakan tenaga panel surya dapat dibuat di Indonesia, dibangun sesuai dengan regulasi atau peraturan dan dapat menjadi solusi dari kurangnya distribusi listrik di Indonesia, terutama pada daerah Ternate -Provinsi Maluku Utara.

BAB II

STUDI LITERATUR

II.1. Dasar Teori

Pada Bab ini menjelaskan dasar teori dari rumus-rumus pendekatan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini untuk mengetahui daya panel surya, serta jumlah baterai.

II.1.1. Jumlah Daya Panel Surya

Untuk mengetahui besar daya yang akan dihasilkan *Floating Power Plan* maka, digunakan rumus:

$$E = P_s \times n_s \times t \quad (\text{II.1})$$

II.1.2. Jumlah Baterai

Untuk mengetahui perhitungan terhadap jumlah baterai yang akan dibutuhkan untuk menyimpan listrik dari *Floating Power Plan* maka, digunakan rumus sebagai berikut:

$$E_b = P_b \times n_b \quad (\text{II.2})$$

II.2. Tinjauan Pustaka

Bab ini berisikan tinjauan pustaka yang menjadi acuan dari tugas akhir. Dasar-dasar teori dan informasi apa saja yang dipakai, serta persamaan-persamaan apa saja yang digunakan dalam penelitian tugas akhir tercantum dalam bab ini.

II.2.1. Listrik

II.2.1.1 Pengertian Listrik

Listrik adalah rangkaian fenomena fisika yang berhubungan dengan kehadiran dan aliran muatan listrik. Listrik menimbulkan berbagai macam efek, seperti petir, listrik statis, arus listrik dan induksi elektromagnetik. Adanya listrik juga dapat menimbulkan dan menerima radiasi elektromagnetik, seperti gelombang radio. Listrik juga disebut daya atau kekuatan yang ditimbulkan oleh adanya gesekan atau melalui proses kimia, dapat digunakan untuk menghasilkan panas atau cahaya, atau untuk menghasilkan listrik.

Listrik dihasilkan dari sumber listrik melalui proses pembangkitan listrik. Listrik memiliki sifat yang tetap pada benda yang dapat diukur. Terdapat dua jenis muatan listrik, yaitu positif dan negatif. Muatan yang sejenis akan mengalami gaya saling menolak, sedangkan muatan yang berbeda jenis akan mengalami gaya tarik menarik. Besarnya gaya menarik dan

menolak ini ditetapkan oleh hukum Coulomb. Jenis listrik dibedakan menjadi dua, yaitu listrik statis dan listrik dinamis. Listrik statis adalah energi yang dikandung oleh benda yang bermuatan listrik, muatan listrik tersebut dapat positif maupun negatif. Sedangkan, listrik dinamis adalah listrik yang bisa bergerak. Jenis listrik inilah yang digunakan untuk menggerakkan mesin yang menggunakan energi listrik. (Wikipedia, Wikipedia Enslikopedia Bebas: Listrik, 2018)

II.2.1.2 Arus Listrik

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang disebabkan dari pergerakan elektron-elektron, mengalir melalui suatu titik dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu. Arus listrik dapat diukur dalam satuan Coulumb/detik atau Ampere. Contoh arus listrik dalam kehidupan sehari-hari berkisar dari yang sangat lemah dalam satuan mikro Ampere seperti di dalam jaringan tubuh hingga arus yang sangat kuat 1-200 kilo Ampere (kA) seperti yang terjadi pada petir.

Dalam kebanyakan sirkuit arus searah dapat diasumsikan resistansi terhadap arus listrik adalah konstan sehingga besar arus yang mengalir dalam sirkuit bergantung pada voltase dan resistansi sesuai dengan hukum Ohm. Arus listrik merupakan satu dari tujuh satuan pokok dalam satuan Internasional. Satuan internasional untuk arus listrik adalah Ampere (A). Secara formal satuan Ampere didefinisikan sebagai arus konstan yang, bila dipertahankan, akan menghasilkan gaya sebesar 2×10^{-7} Newton/meter di antara dua penghantar lurus sejajar, dengan luas penampang yang dapat diabaikan, berjarak 1 meter satu sama lain dalam ruang hampa udara. (Wikipedia, Wikipedia Enslikopedia Bebas; Arus Listrik, 2016)

Arus listrik (I) juga didefinisikan sebagai perubahan muatan yang pindah melewati suatu titik per satuan waktu di dalam sistem yang berkonduksi. Arus listrik disebabkan adanya medan listrik E dimana arus listrik mengalir searah dengan medan listrik. Dalam pembahasan tentang arus listrik dikenal istilah rapat arus (J) yang menyatakan besarnya arus yang melewati penampang. (Fauzi)

II.2.2. Pembangkit Listrik

II.2.2.1 Proses Pembangkitan Listrik

Proses pembangkitan listrik adalah sesuatu yang membangkitkan atau alat untuk membangkitkan sesuatu. Dengan demikian adalah suatu sistem tenaga listrik yang dimaksud pembangkit tenaga listrik ialah suatu alat/peralatan yang berfungsi untuk membangkitkan tenaga listrik. Untuk mendapatkan energi listrik dapat memanfaatkan bermacam-macam

sumber energi, misalnya tenaga air, tenaga angin, bahan bakar fosil, matahari, dan bahan bakar nuklir. Secara umum pembangkit tenaga listrik dikelompokkan menjadi dua bagian besar, yaitu pembangkit listrik *Thermal* dan pembangkit listrik non *Thermal*. Pembangkit listrik *Thermal* mengubah energi menjadi listrik. Sedangkan pembangkit listrik non *Thermal* penggerak mulanya bukan dari panas, misalnya apabila penggerak mulanya berupa air maka air inilah yang menentukan jenis pembangkit tenaga non *Thermal* tersebut. (Pratiwi, 2015)

Dari dua bagian besar ini (*thermal* dan *non-thermal*) dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis yaitu :

A. Pembangkit Listrik *Thermal*

- 1) Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP).
- 2) Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD).
- 3) Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU); Batu bara, gas alam dan minyak.
- 4) Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG).
- 5) Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU).
- 6) Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN).

B. Pembangkit Listrik *Non Thermal*

- 1) Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).
- 2) Pembangkit Listrik Tenaga Angin.(PLTAngin)
- 3) Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)
- 4) Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL)

II.2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Panel Surya

II.2.3.1 Pengertian Tenaga Surya

Tenaga surya senantiasa mencapai Bumi 24 jam sehari, tujuh hari seminggu. Cahaya Matahari mengandung tenaga yang sedemikian banyaknya sehingga bahkan sebagian cahaya matahari yang jatuh di gurun Sahara akan cukup memenuhi kebutuhan energi untuk semua kebutuhan energi umat manusia. Pada saat matahari tengah hari, tenaga surya mencapai permukaan bumi dengan nilai energi puncak sebesar satu kilowatt (1 kW) per meter persegi per jam.

Cahaya merupakan bentuk lain dari energi yang terpancar dari matahari. Cahaya juga bisa dikonversikan menjadi tenaga listrik dengan menggunakan modul fotovoltaik yang disebut dengan modul PV atau panel surya. Sebenarnya matahari bisa menjadi sumber energi yang sempurna untuk menyediakan tenaga listrik yang diperlukan seluruh dunia. Sayangnya energi

yang berasal dari matahari tidak bersifat homogen. Nilai segeranya tidak saja bergantung kepada cuaca setiap hari, namun berubah-ubah sepanjang tahun.

Artinya energi yang tersedia untuk mengoperasikan peralatan listrik juga akan berubah-ubah. Setiap hari matahari terbit di timur dan ketika semakin meninggi dilangit, maka volume energinya meningkat hingga mencapai puncaknya pada tengah hari (setengah rotasi antara terbit dan terbenam). Setelah itu (pada saat matahari bergerak ke arah barat), energy yang tersedia berkurang. Efek lain yang kita perlu ingat adalah bahwa bumi mengitari matahari sepanjang tahun hal ini menciptakan dampak dari matahari yang berubah jalurnya di langit. (Indonesia T. C.)

Jika dilihat dari bumi, matahari bergerak dari arah timur ke barat setiap harinya. Lintasan matahari bergeser dari 23,50 LU (tanggal 21 Desember) ke 23,50 (tanggal 21 Juni) membentuk siklus yang berkelanjutan sepanjang tahun. Kemudian pengaruhnya gerakan matahari terhadap energy surya nantinya akan berpengaruh pada *Photovoltaic* yang selalu dilapisi oleh penutup yang berasal dari gelas, maka optical input dari *Photovoltaic cell* juga sangat dipengaruhi oleh orientasinya terhadap matahari karena variasi sudut dari pantulan gelas. (Dzulfikar & Broto, 2016)

Energi surya berupa radiasi elektromagnetik yang dipancarkan ke bumi berupa cahaya matahari yang terdiri atas foton atau partikel energy surya yang dikonversikan menjadi energy listrik. Energy surya yang sampai pada permukaan bumi tersebut sebagai radiasi surya global yang diukur dengan kepadatan daya pada permukaan daerah penerima. Rata-rata nilai dari radiasi surya atmosfer bumi adalah 1.353 W/m yang dinyatakan sebagai konstan surya. (Hasan, 2012)

Sel surya menerima penyinaran matahari dalam suatu hari sangat bervariasi. Hal ini dikarenakan sinar matahari memiliki intensitas yang berbeda ketika siang hari dibandingkan dengan pagi hari. Untuk mengetahui kapasitas daya yang dihasilkan, dilakukanlah pengukuran terhadap arus (I) dan tegangan (V) pada gususan sel surya yang disebut modul. Untuk mengukur arus maksimum, maka kedua terminal dari modul dibuat rangkaian hubung singkat sehingga tegangannya menjadi nol dan arusnya maksimum. (Suriadi & Syukri, 2010)

II.2.3.2 Penggunaan Tenaga Panel Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik

Tenaga surya merupakan energi alternatif yang dapat digunakan untuk kelangsungan hidup manusia, salah satunya sebagai sumber tenaga untuk membangkitkan listrik. Tenaga

surya bersifat tidak akan habis. Hal ini menyebabkan tenaga surya dapat dijadikan sumber tenaga untuk jangka waktu yang lama.

Pembangkit listrik tenaga surya adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pembangkit listrik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan fotovoltaiik dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya. Fotovoltaiik mengubah secara langsung energi cahaya menjadi listrik menggunakan efek fotoelektrik. Pemusatan energi surya menggunakan sistem lensa atau cermin dikombinasikan dengan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari ke satu titik untuk menggerakkan mesin kalor. Selain itu untuk mengubah energi sinar matahari menjadi listrik dengan proses efek fotofoltaik dapat menggunakan sel surya.

- Panel Surya

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atas Matahari atau “sol” karena Matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel photovoltaic, photovoltaic dapat diartikan sebagai “cahaya listrik”. Sel surya atau sel PV bergantung pada efek photovoltaic untuk menyerap energy matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan. (Wikipedia, Wikipedia Ensiklopedia Bebas; Panel Surya, 2017)

Panel surya adalah perangkat rakitan sel-sel fotovoltaiik yang mengkonversikan sinar matahari menjadi listrik. Ketika memproduksi panel surya, produsen harus memastikan bahwa sel-sel surya saling terhubung secara elektrk antara satu dengan yang lain pada sistem tersebut. Sel surya juga perlu dilindungi dari kelembaban dan kerusakan mekanis karena hal ini dapat merusak efisiensi panel surya secara signifikan, dan menurunkan masa pakai dari yang diharapkan.

Panel surya biasanya memiliki umur 20+ tahun yang biasanya dalam jangka waktu tersebut panel surya tidak akan mengalami penurunan efisiensi yang signifikan. Untuk peralatan rumah saatini berjalan di *alternating current* (AC), panel surya harus memiliki power inverter yang mengubah arus *direct current* (DC) dari sel surya menjadi *alternating current* (AC).

Posisi ideal panel surya adalah menghadap langsung ke sinar matahari (untuk emastikan efisiensi maksimum). Panel surya modern memiliki perlindungan *overheating* yang baik dalam bentuk semen konduktif termal. Perlindungan *overheating* penting dikarenakan panel surya mengkonversi kurang dari 20% dari energy surya yang ada menjadi listrik, sementara sisanya

akan terbuang sebagai panas, dan tanpa perlindungan yang memadai kejadian *overheating* dapat menurunkan efisiensi panel surya secara signifikan (Sirait, 2013)

Panel surya (photovoltaic modul PV) bervariasi panjang, lebar dan tinggi sekitar 2 inci. Ada pilihan sisi modul PV adalah, modul berbingkai, modul lipat, modul rollable dan laminasi untuk atap. Jumlah panel surya yang kita butuhkan tergantung terutama pada jumlah listrik yang kita coba untuk produksi dan *insolation* di daerah kita. *Insolation* dapat dianggap sebagai jumlah jam dalam satu hari panel surya menghasilkan outputnya. Hal ini tidak setara dengan jumlah jam siang hari. Modul tenaga surya dapat ditemukan dalam berbagai watt. Untuk kinerja sel surya yang baik ditunjukkan oleh karakteristik arus tegangan. Oleh karena itu penting untuk mengetahui tegangan output (V) dan arus keluaran (I) dan bagaimana mereka bervariasi untuk hubungan satu sama lain. Daya (P) yang diproduksi oleh sel surya adalah produk dari tegangan (V) dan arus (I) untuk karakteristik operasi tertentu.

Berbagai teknologi sel tersedia di pasar, seperti mono (single) crystalline, poly (multi) crystalline, amorphous silicon (a-Si) (thin film) solar modules, copper-indium diselenide (CuInSe₂ or CIS), cadmium-telluride (CdTe), gallium arsenide (GaAs), sel surya organik (menggunakan titanium oxides dan organic dyes), serta lain-lainnya termasuk penggabungan dari teknologi-teknologi ini. (Indonesia T. C.)

Umumnya panel surya dipasang secara tetap (*fixed*) padaudukannya. Untuk Negara-negara 4 musim teknik yang diadopsi umumnya adalah dengan menghadapkan panel tersebut kearah selatan (bagi Negara-negara di belahan Bumi utara) atau arah utara (bagi negara-negara di belahan Bumi selatan) seperti dalam penelitian Tackle and Shaw (2007). Panel surya diposisikan tegak lurus terhadap arah datangnya matahari tepat di siang hari. Keadaan sedikit berbeda untuk Negara-negara tropis (letak geografisnya berada dekat garis khatulistiwa). Untuk negara-negara ini, cara pemasangan yang dilakukan cenderung lebih datar. Teknik pemasangan seperti ini akan menyebabkan cahaya matahari pagi hari dan sore hari tidak berada pada posisi yang tepat terhadap arah datangnya sinar matahari. Akibatnya jumlah energy listrik yang yang bisa dibangkitkan menjadi lebih sedikit daripada seharusnya seperti diklaim oleh Cheng et. al. (2007) (Rif'an, et al., 2012)

II.2.4. Barge

II.2.4.1 Definisi Barge

Barge atau yang biasa juga disebut Ponton adalah suatu jenis kapal dengan lambung datar atau suatu kotak besar yang mengapung, digunakan untuk mengangkut barang dan ditarik

dengan kapal tunda atau digunakan untuk mengakomodasi pasang surut seperti pada dermaga apung. *Barge* sendiri tidak memiliki sistem pendorong (propulsi) seperti kapal pada umumnya. Pembuatan kapal *barge* juga berbeda karena hanya konstruksi saja, tanpa sistem seperti kapal pada umumnya. (Wikipedia, Wikipedia Enslikopedia Bebas; Tongkang, 2018)

Definisi kapal diatur dalam UU No 17 tahun 2008 Pasal 1 Ayat 36 yang berbunyi, “Kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu, yang digerakkan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, energi lainnya, ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah”. Dalam hal ini, dapat disimpulkan bahwa *platform* dan bangunan lepas pantai merupakan jenis kapal juga. (Indonesia P. R., 2008)

II.2.4.2 Jenis-Jenis *Barge* Menurut ABS (ABS, 2009)

1. Dry cargo barge

a. Deck cargo barge

Adalah *barge* dengan muatan kering di mana muatannya diletakkan di atas geladak.

b. Barge intended for carriage of dry cargo in holds below deck

Adalah *barge* dengan muatan kering di mana muatannya ditempatkan di ruang muat yang berada di bawah geladak. *Barge* tipe ini dilengkapi dengan alas ganda/*double bottom*.

2. Tank barge

a. Single skin tank barge

b. Double skin tank barge

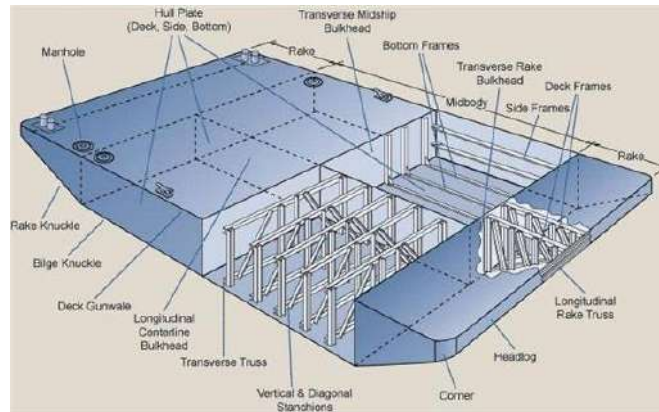
c. Oil tank and fuel tank barge

d. Chemical tank barge

3. Other type barge

Integrated tug barge combinator

Kemudian untuk bentuk konstruksi *barge* secara umum dapat dilihat pada Gambar II.1 di bawah ini :



Gambar II.1 Konstruksi *Barge*
(Sumber : <http://smithship.blogspot.com>)

II.2.5. Kapal Pembangkit Listrik (*Power Ship*)

II.2.5.1 *Power Plant Ship*

Kapal pembangkit listrik adalah kapal yang memiliki sumber tenaga listrik yang diletakkan pada kapal. Kapal pembangkit listrik bertujuan untuk mengalirkan listrik pada daerah-daerah yang dituju, biasanya pada daerah-daerah terpencil yang kekurangan listrik dan kekurangan infrastruktur. Kapal pembangkit listrik biasanya memiliki sistem penggerak sendiri untuk memudahkan mobilitasnya dalam mengirimkan listrik-listrik. Tetapi, Terdapat juga jenis kapal pembangkit listrik yang tidak memiliki sistem penggerak sendiri. Kapal pembangkit listrik jenis ini biasanya dipakai apabila kapal tersebut hanya mengaliri listrik pada satu daerah saja. Pada kapal jenis tersebut, dalam mobilitasnya menggunakan kapal bantu, biasanya berupa kapal *tugboat*. Kapal pembangkit listrik jenis ini disebut dengan *floating power plant* atau *barge mounted power plant*. Kapal pembangkit listrik dapat menggunakan satu atau lebih turbin, tergantung pada kebutuhannya. (Devara, 2017)

Kapal pembangkit listrik dapat menggunakan berbagai macam sumber tenaga, diantaranya melalui tenaga uap, tenaga gas, tenaga nuklir, tenaga surya, tenaga arus air laut dan tenaga gelombang air laut. Gelombang air laut dirasa mampu menjadi salah satu solusi terbaik dalam membangkitkan listrik karena desain dan proses konversi listrik yang sederhana namun tetap mampu menghasilkan tenaga listrik yang besar. Salah satu kapal pembangkit listrik pertama di dunia adalah kapal SS *Jaconda* yang dibangun pada tahun 1931 oleh Newport News, Virginia Shipyard and Drydock Company. Alasan pembangunan kapal pembangkit listrik pada saat itu adalah penyebaran tenaga listrik untuk daerah Augusta, Maine terganggu karena badai pada musim dingin. SS *Jaconda* menggunakan tenaga uap dengan dua generator yang masing-masing dapat menghasilkan 10.000 kW. Dalam dunia militer, kapal pembangkit listrik pertama

kali dibuat oleh angkatan laut Amerika Serikat pada tahun 1942. Kapal yang dipakai bernama Saranac yang pada mulanya merupakan kapal perang yang kemudian dikonversi menjadi kapal pembangkit tenaga listrik untuk keperluan tenaga listrik angkatan laut Amerika Serikat pada Perang Dunia II.

Pada awal tahun 2000-an, pembangunan *floating power plant* mulai dipacu dengan sebuah *power barge* bertenaga 220 MW yang digunakan di India. Di Indonesia, PLN pernah memiliki kapal serupa dengan kapasitas 10, 5 MW yang berjasa menangani masalah kelistrikan di beberapa daerah seperti Bali dan Kalimantan. Saat ini, kapal tersebut sudah menjadi monumen di Aceh karena terseret Tsunami pada tahun 2004. (Saputro, 2016)

II.2.5.2 Perbandingan Antara Dibangun di Darat dan di Laut

Pada pembangunan sebuah pembangkit tenaga listrik, perlu diperhatikan beberapa hal seperti besarnya pembangkit yang akan dibangun, ketersediaan lahan, kemudahan akses, kondisi infrastruktur daerah dan waktu pembangunan dari pembangkit listrik tersebut.

Beberapa poin diatas merupakan poin-poin yang harus diperhatikan dalam pembangunan sebuah pembangkit listrik, dan pemilihan pada pembangunan di darat atau di laut. Berikut adalah keuntungan dari pembangunan pembangkit listrik di laut atau pembangkit listrik terapung.

Pada pembangkit listrik di laut, berikut adalah keuntungannya:

- Pembangunannya yang mudah
- Mampu menggunakan peralatan berat tanpa memperhitungkan berat totalnya
- Biaya perawatan yang tidak terlalu tinggi, karena biaya hanya terfokus pada perawatan peralatan pembangkit listrik
- Bisa dibangun sebesar-besarnya, asalkan tersedia lahan

Keuntungan dari pemakaian pembangkit listrik terapung antara lain adalah :

- Mampu menyediakan suplai listrik pada area dengan infrastruktur minim
- Merupakan aset yang dapat bergerak, memungkinkan untuk dipindah atau dijual
- Tidak membutuhkan area yang luas, sehingga bisa meminimalisir adanya sengketa lahan dengan penduduk pemilik lahan
- Tidak bergantung pada kualitas tanah, sehingga memungkinkan untuk ditempatkan dimana saja
- Mampu menyediakan suplai listrik yang stabil saat banjir atau gempa bumi

- Pembangunan yang relatif cepat, karena dibangun di tempat lain selagi dilakukan pembebasan lahan

II.2.6. Tinjauan Daerah

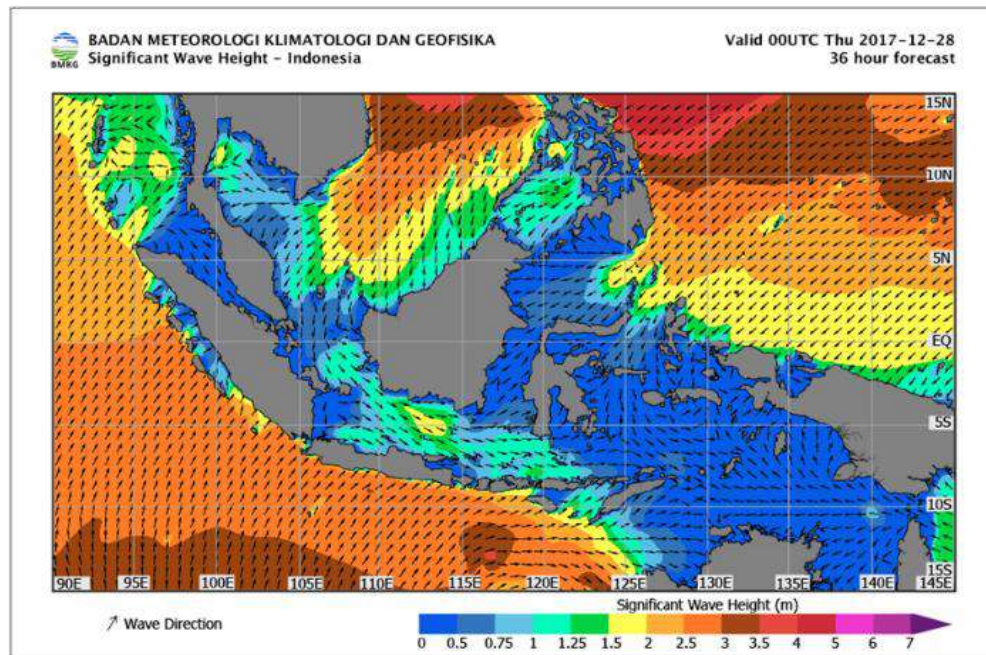
II.2.6.1 Provinsi Maluku Utara

Maluku Utara adalah sebuah pulau yang letaknya terpisah dengan pulau Sulawesi. Maluku Utara adalah sebuah kabupaten yang terletak di provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia. Ibu Kota Kabupaten Maluku Utara adalah kota Benteng. Kabupaten ini memiliki luas sebesar 10.503,69 km² (wilayah daratan dan lautan) dan berpenduduk sebanyak 123.283 jiwa.

Provinsi Maluku Utara yang sebagian besar wilayahnya berupa laut, memiliki 395 buah pulau terdiri dari 64 buah berpenghuni dan 331 buah tidak berpenghuni. Pulau-pulau yang tergolong besar antara lain Pulau Halmahera (18.000 Km²) dan pulau-pulau yang ukurannya relatif sedang yaitu Pulau Obi (3.900 Km²) dan Pulau Taliabu (3.195 Km²), Pulau Bacan (2.878 Km²) dan Pulau Morotai (2.325 Km²). Pulau-pulau yang relative kecil antara lain Pulau Ternate, Tidore, Makian, Kayoa, Gebe dan sebagainya. Peta Provinsi Maluku Utara bisa dilihat pada Gambar II.2 di bawah ini (Wikipedia, 2017)



Gambar II.2 Peta Maluku Utara
(Sumber: google maps)



Gambar II.3 Kondisi Gelombang di Maluku Utara
(Sumber: www.bmkg.go.id)

II.2.6.2 Kondisi Perairan

Wilayah Ternate Provinsi Maluku Utara terletak pada daerah Laut Halmahera, yang dimana daerah perairan ini bisa dikatakan cukup tenang, dimana menurut laporan prakiraan tinggi gelombang rata-rata kecepatan anginnya adalah sekitar 3-15 knot dan tinggi signifikan gelombangnya 0.2 – 0.8 meter. (BMKG, 2018)

II.2.6.3 Kondisi Kelistrikan

Kondisi kelistrikan di wilayah Maluku Utara dirasa masih kurang, dari keseluruhan wilayahnya beberapa wilayahnya masih ada yang belum teraliri listrik. Bahkan beberapa daerah yang sudah teraliri listrik sekalipun masih mengalami pemadaman dikarenakan pasokan listrik yang kurang. Penyebab kurangnya pasokan listrik ini antara lain adalah karena kurangnya jumlah pembangkit listrik yang ada, penyebaran listrik yang hanya berpusat pada daerah perkotaan atau ibukota kabupaten, terbatasnya infrastruktur transportasi yang menyebabkan tingginya biaya operasi seperti biaya angkut bahan bakar yang jauh lebih besar dari harga rupiah per kilo watt hour. Disamping itu, kondisi geografis provinsi Maluku Utara yang merupakan wilayah kepulauan tentunya menjadi tantangan tersendiri untuk dapat menyalurkan listrik hingga ke pulau-pulau terluar. (Wicaksono, 2017)

II.2.7. Teori Desain

Klasifikasi desain dibedakan menjadi dua berdasarkan latar belakangnya, pertama “*invention*” yang merupakan eksploitasi dari ide-ide asli untuk menciptakan suatu produk baru, yang kedua adalah “*inovation*” yaitu sebuah pembaruan atau rekayasa desain terhadap sebuah produk yang sudah ada (Atmoko, 2008). Proses mendesain kapal adalah proses berulang, yaitu seluruh perencanaan dan analisis dilakukan secara berulang demi mencapai hasil yang maksimal ketika desain tersebut dikembangkan. Desain ini digambarkan pada desain spiral. Dalam desain spiral membagi seluruh proses menjadi 4 tahapan yaitu: *concept design*, *preliminary design*, *contract design*, dan *detail design*.

II.2.8. Tujuan Desain

Dalam proses awal mendesain kapal diperlukannya tujuan, misi dan kegunaan kapal yang akan dibangun yang digunakan sebagai arahan bagi seorang desainer kapal dalam menentukan pilihan-pilihan yang rasional ketika mendesain. Selain itu juga diperlukannya data permintaan pemilik kapal (*owner requirement*) seperti tipe atau jenis kapal, daerah pelayaran, kecepatan, muatan dan kapasitas dari kapal.

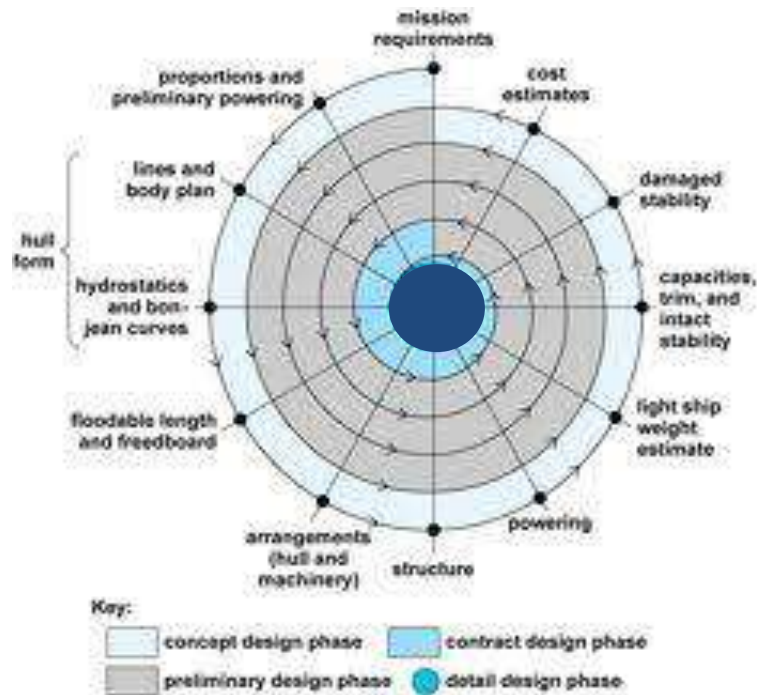
Data yang diperoleh dari pihak *owner* ini, yang akan diterjemahkan dan diolah oleh designer menjadi sebuah data kompleks yang cukup untuk digunakan dalam pembangunan dan pengoperasian kapal tersebut.

Dalam proses mendesain kapal diperlukannya batasan-batasan desain. Selain dari batasan desain dari permintaan pemilik kapal, desainer harus mengatur batasan-batasan untuk desain itu sendiri, seperti batasan waktu dan biaya.

II.2.9. Tahapan Desain

Pada umumnya proses desain dan pembangunan kapal menggunakan metode spiral desain, atau inovasi terhadap sebuah desain kapal yang sudah ada sebelumnya, dengan melakukan rekayasa desain untuk mendapatkan desain yang lebih optimal. Berikut adalah uraian tahapan-tahapan desain sebuah kapal.

II.2.9.1 Concept Design



Gambar II.4 Diagram Desain Spiral
(Access Science,2011)

Seperti yang dapat dilihat pada Gambar II.3, seluruh perencanaan dan analisis dalam proses mendesain kapal dilakukan secara berulang demi mencapai hasil yang maksimal ketika desain tersebut dikembangkan. Proses ini biasa disebut proses spiral. Tahap awal dalam proses desain dimana tahapan ini memiliki peranan untuk menerjemahkan *owner's requirement* atau permintaan pemilik kapal ke dalam ketentuan dasar dari kapal yang akan didesain. Konsep bisa dibuat dengan menggunakan rumus pendekatan, kurva ataupun pengalaman untuk membuat perkiraan-perkiraan awal yang bertujuan untuk mendapatkan estimasi biaya konstruksi, biaya permesinan kapal dan biaya peralatan serta perlengkapan kapal. Hasil dari tahapan konsep desain ini umumnya berupa ukuran utama kapal, dan gambar secara umum. (Jaelani, 2016)

II.2.9.2 Preliminary Design

Tahapan yang kedua dalam proses desain adalah *preliminary design*. *Preliminary design* adalah usaha teknis lebih lanjut yang akan memberikan lebih banyak detail pada konsep desain. Dalam hubungannya dengan desain spiral, *preliminary design* ini merupakan iterasi kedua atau bisa dikatakan lintasan kedua pada desain spiral. Adapun yang dimaksud detail meliputi fitur-fitur yang memberikan dampak signifikan pada kapal, termasuk juga pendekatan awal biaya yang akan dibutuhkan. Contoh dari penambahan detail adalah perhitungan kekuatan memanjang

kapal, pengembangan bagian *midship* kapal, perhitungan yang lebih akurat mengenai berat dan titik berat kapal, sarat, stabilitas, dan lain-lain. (Jaelani, 2016)

II.2.9.3 Contract Design

Pada tahap *contract design* merupakan tahap lanjutan setelah *preliminary design*. Pada tahapan ini merupakan tahap pengembangan desain kapal dalam bentuk yang lebih mendetail yang memungkinkan pembangun kapal memahami kapal yang akan dibuat dan mengestimasi secara akurat seluruh biaya pembuatan kapal.

Tujuan utama pada kontrak desain adalah pembuatan dokumen yang secara akurat dengan mendeskripsikan kapal yang akan dibuat. Selanjutnya dokumen tersebut akan menjadi dasar dalam kontrak atau perjanjian pembangunan antara pemilik kapal dan pihak galangan kapal. Adapun komponen dari *contract drawing* dan *contract specification* meliputi :

- *Arrangement drawing*
- *Structural drawing*
- *Structural details*
- *Propulsion arrangement*
- *Machinery selection*
- *Propeller selection*
- *Generator selection*
- *Electrical selection*

Di mana keseluruhan komponen-komponen di atas biasa disebut *key plan drawing*. *Key plan drawing* tersebut harus merepresentasikan secara detail fitur-fitur kapal sesuai dengan permintaan pemilik kapal.

II.2.9.4 Detail Design

Detail design adalah tahap terakhir dari proses mendesain kapal. Pada tahap ini hasil dari tahapan sebelumnya dikembangkan menjadi gambar kerja yang detail. Pada tahap detail design mencakup semua rencana dan perhitungan yang diperlukan untuk proses konstruksi dan operasional kapal. Bagian terbesar dari pekerjaan ini adalah produksi gambar kerja yang diperlukan untuk penggunaan mekanik yang membangun lambung dan berbagai unit mesin bantu dan mendorong lambung, fabrikasi, dan instalasi perpipaan dan kabel. Hasil dari tahapan ini adalah berisi petunjuk atau intruksi mengenai instalasi dan detail konstruksi pada *fitters*

, *welders, outfitters, metal workers, machinery vendors, pipe fitters*, dan lain-lainnya. (Jaelani, 2016)

II.2.10. Metode Desain Kapal

Setelah melakukan tahap-tahapan desain di atas, langkah selanjutnya dalam proses desain kapal menentukan metode desain kapal. Secara umum metode dalam desain kapal adalah sebagai berikut:

II.2.10.1 *Parent Design Approach*

Parent design approach merupakan salah satu metode dalam mendesain kapal dengan cara perbandingan atau komparasi, yaitu dengan cara menganbil sebuah kapal yang dijadikan sebagai acuan kapal pembanding yang memiliki karakteristik yang sama dengan kapal yang akan dirancang. Dalam hal ini designer sudah mempunyai referensi kapal yang sama dengan kapal yang akan dirancang, dan terbukti mempunyai *performance* yang bagus.

Keuntungan dalam *parent design approach* adalah :

- Dapat mendesain kapal lebih cepat, karena sudah ada acuan kapal sehingga tinggal memodifikasi saja.
- *Performance* kapal terbukti (*stability, motion, reistance*)

II.2.10.2 *Trend Curve Approach*

Dalam proses desain kapal terdapat beberapa metode salah satunya yaitu *Trend Curve approach* atau biasanya disebut dengan metode statistik dengan memakai regresi dari beberapa kapal pembanding untuk menentukan main dimension. Dalam metode ini ukuran beberapa kapal pembanding dikomparasi di mana variabel dihubungkan kemudian ditarik suatu rumusan yang berlaku terhadap kapal yang akan dirancang.

II.2.10.3 *Iterative Design Approach*

Iterative design adalah sebuah metodologi desain kapal yang berdasarkan pada proses siklus dari *prototyping, testing, dan analyzing*.. Perubahan dan perbaikan akan dilakukan berdasarkan hasil pengujian iterasi terbaru sebuah desain. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan fungsionalitas dari sebuah desain yang sudah ada. Proses desain kapal memiliki sifat iteratif yang paling umum digambarkan oleh spiral desain yang mencerminkan desain metodologi dan strategi. Biasanya metode ini digunakan pada orang-orang tertentu saja.

II.2.10.4 Parametric Design Approach

Parametric design approach adalah metode yang digunakan dalam mendesain kapal dengan parameter misalnya (L, B, T, Cb, LCB dll) sebagai *main dimension* yang merupakan hasil regresi dari beberapa kapal pembanding, kemudian dihitung hambatannya (R_t), merancang baling-baling, perhitungan perkiraan daya motor induk, perhitungan jumlah ABK, perhitungan titik berat, *trim*, dan lain-lain.

II.2.10.5 Optimation Design Approach

Metode optimasi digunakan untuk menentukan ukuran utama kapal yang optimum serta kebutuhan daya motor penggeraknya pada tahap *basic design*. Dalam hal ini, disain yang optimum dicari dengan menemukan disain yang akan meminimalkan *economic cost*. Adapun parameter dari optimasi ini adalah hukum fisika, kapasitas ruang muat, stabilitas, *freeboard*, *trim*, dan harga kapal. (Jaelani, 2016)

II.2.11. Tinjauan Teknis Desain Kapal

II.2.11.1 Penentuan Ukuran Utama Dasar

Menurut (Barras,2004) dalam bukunya berjudul *Ship Design an Performance for Masters and Mates, The Geosim Procedure* merupakan salah satu metode penentuan ukuran utama yang digunakan ketika sebuah permintaan memiliki kesamaan geometris dengan kapal pembanding, dalam hal ini dapat digunakan satu kapal pembanding sebagai acuan. Metode ini biasa digunakan untuk menentukan ukuran utama pada kapal jenis baru dikarenakan keberadaan kapal yang masih terbatas dengan menggunakan koefisien perbandingan geometris ukuran utama (K). Data yang dibutuhkan untuk menggunakan metode ini adalah ukuran utama kapal seperti panjang kapal (L), lebar kapal (B), sarat kapal (T), dan tinggi kapal (H) dengan C_D (*Coefficient Displacement*) dan C_B (*Coefficient Block*) yang dihasilkan memiliki nilai yang hampir serupa. (Barras, 2004)

Adapun ukuran-ukuran yang perlu diperhatikan sebagai kapal pembanding adalah:

- a. L_{pp} (*Length between Perpendicular*)

Panjang yang diukur antara dua garis tegak yaitu, jarak horizontal antara garis tegak buritan (*After Perpendicular/AP*) dan garis tegak haluan (*Fore Perpendicular/FP*).

- b. LOA (*Length Overall*)

Panjang seluruhnya, yaitu jarak horizontal yang diukur dari titik terluar depan sampai titik terluar belakang kapal.

- c. Bm (*Moulded Breadth*)

Lebar terbesar diukur pada bidang tengah kapal diantara dua sisi dalam kulit kapal untuk kapal-kapal baja. Untuk kapal yang terbuat dari kayu atau bukan logam lainnya, diukur antara dua sisi terluar kulit kapal.

d. H (*Heigh*)

Jarak tegak yang diukur pada bidang tengah kapal, dari atas lunas sampai titik atas balok geladak sisi kapal.

e. T (*Draught*)

Jarak yang diukur dari sisi atas lunas sampai ke permukaan air.

II.2.11.2 Perhitungan Berat Baja Kapal

Floating Power Plant merupakan kapal baja, oleh karena itu pada tahap ini perhitungan berat baja kapal dilakukan dengan rumus dari buku *Practical Ship Design*. Selain menghitung berat baja kapal kosong, juga dilakukan perhitungan berat perlengkapan, berat permesinan serta berat cadangan. (Watson, Practical Ship Design, 1998)

Adapun rumus dasar perhitungan ini adalah:

a. Perhitungan berat baja kapal.

$$W_{si} = K \cdot E^{1.36} \quad (II.3)$$

$$E = L(B+T) + 0.85 L (D-T) + 0.85 \{ (l_1 \cdot h_1) + 0.75(l_2 \cdot h_2) \} \quad (II.4)$$

Dimana : K = faktor koefisien

Untuk *tugboat*, K = 0.044 ± 0.002

b. Perhitungan berat perlengkapan

$$W_o = C_o \times L \times B \quad (II.5)$$

C_o = outfit weight coefficient

c. Berat cadangan (W_{res})

$$W_{res} = (7-10)\% \times LWT \quad (II.6)$$

II.2.11.3 Perhitungan Trim dan Stabilitas

Perhitungan *trim* merupakan syarat mutlak dalam desain sebuah kapal. Suatu kapal dapat dikatakan layak untuk berlayar jika telah memenuhi beberapa persyaratan, salah satu syarat itu adalah besarnya kondisi trim kapal yang terjadi. Suatu kapal dikatakan dalam kondisi baik untuk berlayar jika berada dalam kondisi *even-keel*. Namun bila tidak diperoleh kondisi tersebut, ada beberapa persyaratan yang diijinkan dalam kondisi *trim*, yaitu besarnya trim tidak lebih dari 0.05% Lpp. Nilai ini dijadikan sebagai batasan (*constrain*) dalam proses iterasi dalam memperoleh ukuran utama. Selain *trim*, ada persyaratan lain dalam desain kapal yaitu persyaratan stabilitas

Dalam Tugas Akhir ini dilakukan perhitungan stabilitas utuh (*intac stability*) dengan menggunakan rumus dari “*The Theory and Technique of Ship Design*” [Manning, 1996]. Pengertian stabilitas adalah kemampuan kapal untuk kembali pada kedudukan setimbang dalam kondisi air tenang ketika kapal mengalami gangguan dalam kondisi tersebut. Perhitungan stabilitas dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan kapal kembali pada kedudukan semula apabila mengalami oleng pada saat berlayar.

Keseimbangan statis suatu benda dibedakan atas tiga macam yaitu:

1. Keseimbangan stabil

Adalah kondisi ketika benda mendapat kemiringan akibat adanya gaya luar, maka benda akan kembali pada kondisi semula setelah gaya tersebut hilang. Jika ditinjau dari sudut keseimbangan kapal maka letak titik G (*centre of gravity*) berada dibawah titik M (*metacentre*).

2. Keseimbangan Labil

Adalah kondisi ketika benda mengalami kemiringan akibat adanya gaya luar yang bekerja pada benda tersebut, maka kedudukan benda akan cenderung berubah lebih banyak dari kedudukan semula sesudah gaya tersebut hilang. Jika ditinjau dari sudut keseimbangan kapal maka letak titik G berada di atas titik M.

3. Keseimbangan *indeferent*

Adalah kondisi ketika benda mengalami kemiringan sedikit dari kedudukannya akibat adanya gaya dari luar, maka benda tetap pada kedudukannya yang baru walaupun gaya tersebut telah hilang. Jika ditinjau dari sudut keseimbangan kapal maka letak titik berat G berimpit dengan titik *metacentre* M.

Kapal harus mempunyai stabilitas yang baik dan harus mampu menahan semua gaya luar yang mempengaruhinya hingga kembali pada keadaan seimbang. Hal-hal yang memegang peranan penting dalam stabilitas kapal antara lain:

- a. Titik G (*gravity*), yaitu titik berat kapal.
- b. Titik B (*buoyancy*), yaitu titik tekan keatas akibat air yang dipindahkan akibat badan kapal yang tercelup.
- c. Titik M (*metacentre*), yaitu titik perpotongan antara vektor gaya tekan keatas pada keadaan tetap dengan vektor gaya tekan keatas pada sudut oleng.

Kemampuan apung kapal adalah kemampuan kapal untuk mendukung gaya berat yang dibebankan dengan menggunakan tekanan hidrostatis yang bekerja di bawah permukaan air dan memberikan daya dukung dengan gaya angkat statis pada kapal. Kapal yang akan

dibangun harus dapat dibuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut memenuhi standart keselamatan pelayaran *Safety Of Life At Sea* (SOLAS) atau *International Maritime Organization* (IMO).

Ada beberapa kriteria utama dalam menghitung stabilitas kapal. Kriteria stabilitas tersebut diantaranya [IS Code 2008] adalah:

1. $\phi_{30^\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$

Luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \geq 0.055 \text{ m.rad}$

2. $\phi_{40^\circ} \geq 0.09 \text{ m.rad}$

Luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $40^\circ \geq 0.09 \text{ m.rad}$

3. $\phi_{30,40^\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$

Luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \sim 40^\circ \geq 0.03 \text{ m.rad}$

4. $h_{30^\circ} \geq 0.2 \text{ m}$

Lengan penegak GZ paling sedikit 0.2 m pada sudut oleng 30° atau lebih.

5. H_{\max} pada $\phi_{\max} \geq 25^\circ$

Lengan penegak maksimum pada sudut oleng lebih dari 25°

6. $GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$

Tinggi *metacenter* awal GM_0 tidak boleh kurang dari 0.15 meter.

II.2.11.4 Perhitungan *Freeboard*

Lambung timbul (*freeboard*) merupakan salah satu jaminan keselamatan kapal selama melakukan perjalanan dalam mengangkut muatan menjadi jaminan utama kelayakan dari sistem transportasi laut yang ditawarkan pada pengguna jasa, terlebih pada kapal penumpang, keselamatan merupakan prioritas utama.

Secara sederhana pengertian lambung timbul adalah jarak tepi sisi geladak terhadap air yang diukur pada tengah kapal. Karena lambung timbul menyangkut keselamatan kapal, maka terdapat beberapa peraturan mengenai lambung timbul antara lain untuk kapal yang berlayar di perairan dapat menggunakan PGMI(Peraturan Garis Muat Indonesia) tahun 1985 dan peraturan internasional untuk lambung timbul yang dihasilkan dari konferensi internasional tentang peraturan lambung timbul minimum ILLC (*International Load Lines Convention*, 1966 on *London*), dalam peraturan tersebut dinyatakan bahwa tinggi lambung timbul minimum (*summer*

load lines) telah disebutkan dalam table lambung timbul minimum untuk kapak dengan panjang tertentu.

II.2.12 Biaya Pembangunan

Menurut (Pertamina, 2007) pada dasarnya biaya pembangunan terdiri dari dua jenis biaya yaitu biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*). *Direct cost* merupakan jenis biaya yang secara langsung dikeluarkan untuk pembangunan fisik kapal, antara lain adalah biaya untuk pembelian material dan baja, sistem dan permesinan, biaya pekerja, biaya *launching* dan *testing*, serta biaya inspeksi dan sertifikasi. Sementara *indirect cost* adalah biaya yang digunakan untuk membiayai kebutuhan kapal secara tidak langsung seperti biaya desain, biaya asuransi, biaya pengiriman barang, biaya garansi, dll. Terdapat 5 tahapan dalam perhitungan estimasi biaya pembangunan berdasarkan tingkat akurasi dan kelengkapan data-data dan setiap *equipment* yang digunakan. Estimasi biaya pembangunan memiliki tingkat akurasi yang berbeda-beda sesuai dengan tingkat penyelesaian pekerjaan.

1. Conceptual or screening estimate (estimate class 5)

Estimasi yang dibuat berdasarkan data proyek sejenis yang pernah dibuat di waktu lalu atau menggunakan *parametric model*, *judgement*, dan *analogy*. Estimasi ini dibuat dengan tingkat penyelesaian lingkup pekerjaan 0% s.d. 2% dan memiliki tingkat akurasi berkisar antara batas bawah -20% s.d. -50% dan batas atas +30% s.d. +100%.

2. Study or feasibility estimate (estimate class 4)

Estimasi yang dibuat berdasarkan *equipment factored* atau menggunakan *parametric model*. Dibuat dengan tingkat penyelesaian lingkup pekerjaan 1% s.d. 15% dan memiliki tingkat keakurasian berkisar antara batas bawah -15% s.d. -30% dan batas atas +20% s.d. +50%.

3. Budgetary or control estimate (estimate class 3)

Estimasi yang dibuat dengan menggunakan metode *semi-detailed unit cost* yaitu estimasi yang dibuat berdasarkan data-data *equipment* yang lebih terperinci. Estimasi ini dibuat dengan tingkat penyelesaian lingkup pekerjaan 10% s.d. 40% dan memiliki tingkat keakurasian berkisar antara batas bawah -10% s.d. -20% dan batas atas +10% s.d. +30%.

4. Control or bid/tender estimate (estimate class 2)

Estimasi yang dibuat dengan menggunakan metode *detailed unit cost* yaitu estimasi yang dibuat berdasarkan data-data *equipment* yang lengkap/detail. Estimasi ini dibuat dengan tingkat penyelesaian lingkup pekerjaan 30% s.d. 70% dan memiliki tingkat keakurasian berkisar antara batas bawah -5% s.d. -15% dan batas atas +5% s.d. +20%.

5. *Check estimate (estimate class 1)*

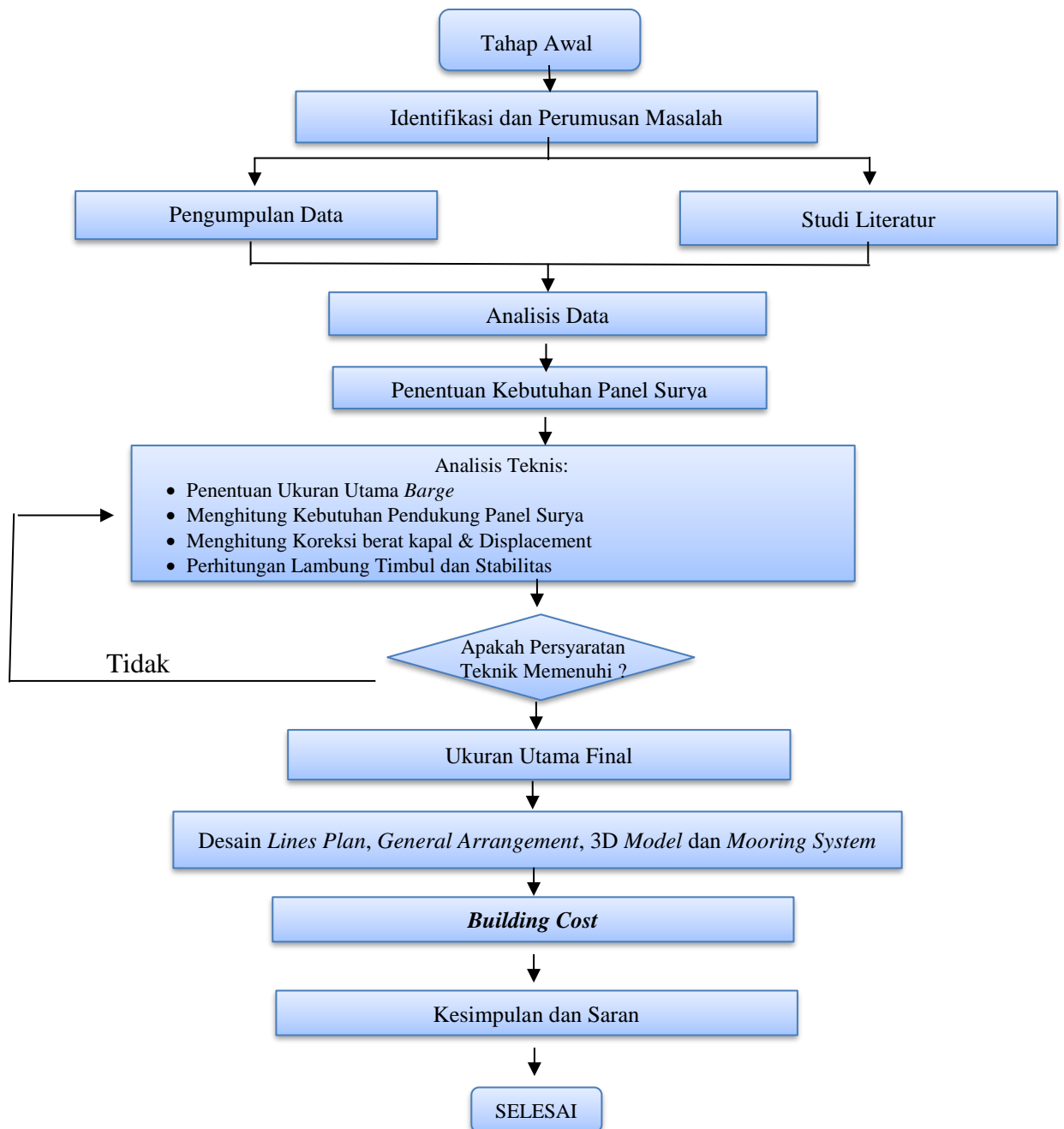
Estimasi yang dibuat menggunakan metode *detailed unit cost* dilengkapi dengan detail material *take-off*, yaitu estimasi yang dibuat berdasarkan data-data *equipment* dan jumlah material yang akurat. Estimasi ini dibuat dengan tingkat penyelesaian lingkup pekerjaan 50% s.d. 100% dan memiliki keakurasian berkisar antara batas bawah –3% s.d. –10% dan batas atas +3% s.d. +15%. (PERTAMINA, 2007)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

III.1. Bagan Alir

Tahapan dari metode penelitian yang digunakan, digambarkan pada diagram alir pada Gambar III.1 di bawah ini:



Gambar III.1 Diagram Bagan Alir

III.2. Proses Pengerjaan

Pada Bab III.2 ini akan dijelaskan tahapan pengerjaan yang akan dilakukan dari tahap pengumpulan data hingga tahap menggambar desain Rencana Garis dan desain Rencana Umum.

III.2.1 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan proses pengambilan data sekunder guna menunjang proses desain awal kapal pembangkit listrik. Data-data inilah yang akan menjadi patokan inti dari proses desain kapal pembangkit listrik ini kedepannya. Data-data yang dibutuhkan antara lain:

- Data Kebutuhan Listrik Provinsi Maluku Utara
Data kebutuhan listrik Provinsi Maluku Utara ini digunakan untuk membuktikan bahwa pemilihan daya awal telah memenuhi.
- Data Panel Surya
Data Panel Surya ini digunakan untuk mengetahui jumlah Panel Surya yang dibutuhkan sesuai dengan kebutuhan listrik dari Provinsi Maluku Utara.
- Data Alat Pembangkit Listrik
Data alat pembangkit listrik didapatkan dari katalog baterai, *controller solar panel* dan *inverter*. Data yang diperlukan antara lain adalah besarnya kapasitas alat pembangkit listrik, dimensi alat pembangkit listrik, berat dan kebutuhan alat pembangkit listrik.

III.2.2 Analisis Data dan Penentuan Parameter Desain

Proses ini dilakukan setelah terkumpulnya data-data yang dibutuhkan dan ditunjang dengan proses pembelajaran literatur-literatur lebih lanjut. Analisis ini dilakukan untuk mendapatkan rencana jumlah muatan atau *payload* serta batasan-batasan dalam pencarian data. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data-data panel surya yang sesuai yang nantinya akan dijadikan *payload* pada kapal tersebut.

III.2.3 Pembuatan *Layout* Awal

Dari data-data yang didapat, dibuat *layout* awal dari kapal yang didapatkan dari ukuran utama dan jumlah alat-alat pembangkit listrik, seperti panel surya, *inverter*, baterai dan *controller solar panel*. Setelah itu dilakukan perhitungan rasio terhadap bagian belakang dan bagian depan kapal. Setelah pandangan atas didapat kemudian digambar pandangan samping.

III.2.4 Perhitungan Teknis

Proses ini didahului dengan melakukan perhitungan parameter-parameter yang sudah ditentukan pada suatu kapal dengan metode *Parametric Design Approach*. Parameter-parameter yang sudah ditentukan antara lain:

- Rasio Ukuran Utama
- *Displacement*

Berat total kapal (DWT+LWT+Margin yang ditentukan) yang akan direncanakan harus sama dengan nilai displacement hasil perhitungan ($L \times B \times T \times C_b$)

- *Trim*
- *Freeboard*

Acuan lambung timbul yang nantinya akan digunakan sebagai nilai minimum yang harus dipenuhi pada muatan penuh

- Stabilitas

Persyaratan stabilitas yang mengacu pada IMO Regulation dengan menghitung intact stability. (*IS Code 2008*)

III.2.5 Pembuatan Desain Rencana Garis, Rencana Umum dan 3D

Selanjutnya dilakukan proses pembuatan rencana garis dengan bantuan *software maxsurf*. Pembuatan desain dilakukan dengan memperhatikan desain-desain kapal pada umumnya. Kemudian hasil rencana garis dari *maxsurf* diproses kembali dengan *software AutoCad* guna memperbaiki hasil desain dan dilanjutkan dengan proses pembuatan rencana umum.

Setelah dibuat Rencana Garis dari kapal selanjutnya dibuat Rencana Umum dari kapal untuk mengetahui peletakan peralatan dan pembagian ruangan dan terakhir dibuat desain 3D untuk mengetahui bentuk kapal secara 3 dimensi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISIS TEKNIS

IV.1. Tinjau Lokasi

Lokasi yang dipilih untuk menempatkan kapal pembangkit listrik adalah pada daerah sekitar Ternate, penentuan lokasi dilihat berdasarkan besarnya pemasok listrik pada wilayah tersebut. Untuk daerah perairan ini bisa dikatakan tenang, dimanamenurut laporan prakiraan tinggi gelombang rata-rata kecepatan anginnya adalah 3-15 knots, sedangkan untuk tinggi signifikan gelombangnya 0.25-0.8 meter.



Sumber: RUPTL 2016-2025
Gambar IV.1 Rencana Penempatan FPL

IV.2. Analisis Kebutuhan

Dari data kebutuhan listrik yang didapatkan dari sistem Rencana Umum Pembangkit Tenaga Listrik (RUPTL) milik PLN untuk tahun 2016-2025, diketahui terdiri dari 6 sistem kelistrikan dengan beban diatas 1.5 MW yaitu sistem Ternate-Soa-Siu, Tobelo-Maalifut, Jailolo-Sofifi-Payahe, Bacan, Sanana, dan Daruba. Ratio jumlah pelanggan rumah tangga berlistrik PLN pada tahun 2015 untuk provinsi Maluku Utara adalah sebesar 71,79%. Beban puncak gabungan (*no coincident*) sistem-sistem kelistrikan di Provonsi Maluku Utara saat ini sekitar 58,6 MW, dipasok oleh PLTD tersebar dan PLTS yang terhubung langsung ke sistem distribusi 20 kV. (Indonesia K. E., 2016)

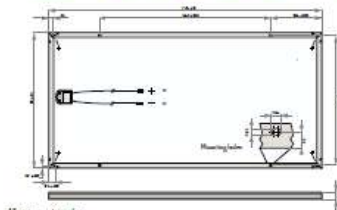
Dari yang kita ketahui bahwa seberapa besar pemasok listrik pada daerah Maluku Utara menggunakan Diesel sedangkan kita mengetahui bahwa sistem kerja PLTD menggunakan BBM sebuah energi yang tidak dapat diperbaharui dan sebuah mesin yang tidak ramah lingkungan. Sedangkan jika kita menggunakan PLTS sebagai pemasok listrik pada wilayah ternate dan sekitarnya PLTS merupakan sumber energi listrik yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui. Pembangunan PLTS ini sebagai pengganti PLTD sebesar 12% untuk wilayah Soa-Siu di wilayah Ternate-Tidore.

Untuk membuat sebuah PLTS dibutuhkan *solar panel*, *inverter*, baterai, *controller solar panel*. *Inverter* berfungsi untuk mengubah arus listrik, dari AC ke DC atau sebaliknya. *Inverter* yang digunakan menggunakan merk ABB. Sedangkan, baterai berfungsi untuk menyimpan energi listrik. Baterai yang digunakan menggunakan merk Bosch. Sedangkan *Controller Solar Panel* berfungsi untuk melindungi dan melakukan optimasi pada pengisian baterai. Spesifikasi dari *solar panel*:

➤ Spesifikasi Panel Surya

- Merk : REC
- Type : REC PEAK ENERGY 72 SERIES
- Daya : 320 Watt
- Dimensi :
 - Panjang : 1.9685 m
 - Lebar : 0.9906 m
 - Tinggi : 0.04318 m
- Berat Panel Surya : 26.988 kg

REC PEAK ENERGY 72 SERIES



All dimensions in millimeters

ELECTRICAL DATA @ STC	REC60MP72	REC60MP72	REC60MP72	REC60MP72	REC60MP72
Nominal Power - P_{max} (Wp)	300	305	310	315	320
Watt Class Sorting (W)	1/4-5	1/4-5	1/4-5	1/4-5	1/4-5
Nominal Power Voltage - V_{mp} (V)	36.5	36.9	37.2	37.5	37.9
Nominal Power Current - I_{mp} (A)	8.22	8.27	8.34	8.40	8.45
Open Circuit Voltage - V_{oc} (V)	44.9	45.2	45.5	45.8	46.1
Short Circuit Current - I_{sc} (A)	87.6	88.2	88.8	89.5	89.9
Panel Efficiency (%)	15.4	15.6	15.8	16.0	16.4

ELECTRICAL DATA @ NOCT	REC60MP72	REC60MP72	REC60MP72	REC60MP72	REC60MP72
Nominal Power - P_{max} (Wp)	217	221	225	229	232
Nominal Power Voltage - V_{mp} (V)	29.9	30.1	30.4	30.6	30.8
Nominal Power Current - I_{mp} (A)	7.27	7.34	7.40	7.48	7.54
Open Circuit Voltage - V_{oc} (V)	36.9	37.2	37.4	37.6	37.9
Short Circuit Current - I_{sc} (A)	76.7	77.2	77.7	78.3	7.88



Certified according to IEC 61215 and IEC 61730

REC 60 MP72 Solar Module Construction Details

Operating in 25°C ambient temperature, REC is a leading European brand of solar panels. Through strong and innovative engineering, REC is a

European brand company with headquarters in Germany and operational headquarters in Singapore. REC concluded 2015 with 2,000 employees

worldwide, 1.5GW solar panel production capacity, and annual revenues of USD 750 million.

WARRANTY

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

10 year product warranty

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

10 year product warranty

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

10 year product warranty

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

10 year product warranty

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

10 year product warranty

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

10 year product warranty

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

10 year product warranty

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

10 year product warranty

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

10 year product warranty

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

10 year product warranty

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

10 year product warranty

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

10 year product warranty

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

10 year product warranty

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

10 year product warranty

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

10 year product warranty

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

10 year product warranty

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

10 year product warranty

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

10 year product warranty

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

10 year product warranty

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

10 year product warranty

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

10 year product warranty

25 year linear power output warranty

(max. degradation rate per annum of 0.7% p.a.)

16.2% EFFICIENCY
10 YEAR PRODUCT WARRANTY
25 YEAR LINEAR POWER OUTPUT WARRANTY
US IMPORT DUTY FREE

TEMPERATURE COEFFICIENTS	
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	46.0°C (115°F)
Temperature Coefficient of V_{mp}	-0.4 %/°C
Temperature Coefficient of V_{oc}	-0.27 %/°C
Temperature Coefficient of I_{sc}	0.025 %/°C

GENERAL DATA	
Cell Type	72 multi-crystalline 3 strings of 24 cells with 150V max. system voltage
Glass	5mm white glass (H) anti-reflection surface treatment
Back Sheet	Double layer high quality polyethylene
Frame	Anodized aluminum (silver)
Junction Box	IP67 rated
Cable Size	4 mm ² solar cable, 40° ± 40°
Connectors	MC4 compatible (4 core)

MECHANICAL DATA	
Operational Temperature	-40 ~ +85°C
Maximum System Voltage	1000V
Weight (kg)	7.12kg (15.5lb)
Dimensions (mm)	1700x1016x35
Max. Carton Pallet Weight	254
Max. Carton Pallet Length	254

MECHANICAL DATA	
Dimensions:	772x30x17 in
Area:	218'
Weight:	585 lbs
Note: All specifications are subject to change without notice at any time.	

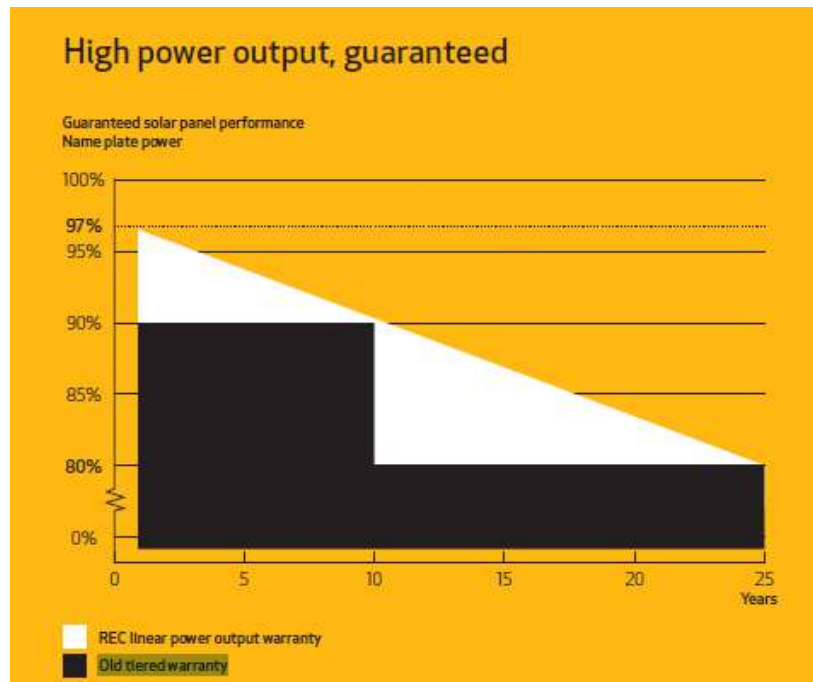
Note: All specifications are subject to change without notice at any time.

REC

www.recgroup.com

Sumber: www.recgroup.com
Gambar IV.2 Solar Panel Merk REC

- Merk : LG
- Type : LG350Q1C-45
- Daya : 350 Watt
- Dimensi :
 - Panjang : 1,700 m
 - Lebar : 1,016 m
 - Tinggi : 0,04 m
- Berat Solar Panel : 18.5 Kg



Gambar IV.4 Grafik Performa Solar Panel Merk REC
 Sumber: www.recgroup.com

➤ Spesifikasi *Inverter*

Inverter merupakan rangkain untuk mengubah tegangan searah menjadi bolak-balik (AC). Inverter mengkonversi DC dari perangkat seperti baterai, panel surya menjadi AC. (Syafjon, 2010)

- Merk : ABB String Inverter
- Type : PVS800-MWS-1000kW-20
- Daya : 1000 kW (1 MW)
- Dimensi :
 - Panjang : 6,930 m
 - Lebar : 3,070 m
 - Tinggi : 2,430 m
- Berat *Inverter* : 18,9 Ton



Gambar IV.5 Inverter Merk ABB
Sumber: www.abb.com

➤ Spesifikasi Baterai

Baterai atau aki adalah alat yang berfungsi untuk menyimpan Arus/Energi listrik yang dihasilkan Panel Surya.

Spesifikasi dari baterai yang digunakan:

- Merk : Bosch Energy Storage
- Daya : 2 MW
- Dimensi :
 - Panjang : 14 m
 - Lebar : 2,4 m
 - Tinggi : 2,9 m
- Berat Baterai : 80 Ton



Gambar IV.6 Baterai Merk Bosch
Sumber: www.bosch.com

➤ Spesifikasi *Controller*

Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan yang diambil dari abterai ke beban. (Syafjon, 2010)

Spesifikasi dari *controller solar panel* yang digunakan:

- Merk : Schneider Electric
- Tipe : PV Box RT 1080
- Daya : 2 MW
- Dimensi :
 - Panjang : 8.9 m
 - Lebar : 2,65 m
 - Tinggi : 3.15 m
- Berat Baterai : 24 Ton



Gambar IV.7 Controller Solar Panel Merk Schneider Electric
Sumber: www.Schneiderelctric.com

IV.3. Skenario Distribusi Energi Listrik

Pembangkit Listrik harus memenuhi kebutuhan listrik secara harian. Maka dari itu, pembangkit listrik memiliki sistem operasi yang akan dijalankan selama proses penyerapan tenaga matahari, hingga pendistribusian listrik ke rumah-rumah warga. *Floating Power Plant* ini akan diletakkan pada daerah laut Ternate-Tidore sebagai pengganti PLTD sebesar 12%. Untuk skenario peletakan *Floating Power Plant* dapat dilihat pada Gambar IV.8 dibawah ini.



Gambar IV.8 Skenario Peletakan Floating Power Plant
Sumber: www.googlemaps.com

IV.4. Penentuan Jumlah Panel Surya dan Jumlah Baterai

Dalam penggunaan pembangkit listrik tenaga panel surya, jumlah dan ukuran panel surya menentukan besarnya daya yang dapat tercapai. Dari data yang didapat dari website REC GROUP, didapatkan spesifikasi panel surya

Tabel IV.1 Spesifikasi Panel Surya 72 SERIES

Parameter	Commercial REC PEAK ENERGY 72 SERIES
<i>Panel Efficiency</i>	16.2 %
<i>Nominal Power Voltage</i>	37.9 V
<i>Dimension</i>	77.5 x 39 x 1.7 in
<i>Weight</i>	26.988 kg
<i>Nominal electrical power</i>	320 W

Sumber: www.recgroup.com

Rencana pembangunan sarana kelistrikan meliputi pembangkit, transmisi dan distribusi di Provinsi Maluku Utara dilakukan dengan memperhatikan kebutuhan dan potensi energi primer serta kondisi geografis setempat. Untuk mengurangi penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dimana kita ketahui bersama bahwa Diesel itu sendiri untuk menggerakkan motornya menggunakan BBM, dimana BBM itu sendiri adalah salah satu sumber yang tidak dapat diperbaharui kembali dan penggunaan mesin diesel itu sendiri

berdampak pada polusi yang nantinya dapat mengganggu lingkungan disekitar PLTD itu sendiri.

Salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah mengganti PLTD itu sendiri dengan Pembangkit listrik yang ramah lingkungan, Pembangkit Listrik Tenaga Surya dirasa cukup tepat karena selain menggunakan sumber yang ada yaitu sumber utamanya adalah sinar Matahari, serta PLTS ini sendiri adalah sumber energi yang ramah lingkungan. Sebesar 12% PLTD dari data Rancangan Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2016-2018 maka PLTD tersebut akan diubah menggunakan pembangkit listrik PLTS.

Ditinjau dari Tabel IV.2 pada daerah Soa Siu kota Tenate, Kapasitas terpasang adalah sebesar 4,9 MW. Untuk menggantikan PLTD sebesar 4,9 MW. Dibuatlah *Floating Power Plant* dengan kapasitas 1 MW, setara dengan 20% dari total keseluruhan kapasitas di Soa Siu Kota Ternate.

Tabel IV.2 Kapasitas Pembangkit Terpasang di Maluku Utara

No	Sistem		Jenis	Jenis Bahan Bakar	Pemilik	Kapasitas Terpasang (MW)	Daya Mampu (MW)	Be
1	Sistem Ternate - Tidore							
	1. Kayu Manis		PLTD	BBM	PLN	11,6	5,5	2
	2. Sewa Mesin Kayu Merah		PLTD	BBM	PLN	14,0	14	
	3. Soa Siu		PLTD	BBM	PLN	4,9	2,1	6
	4. Sewa Mesin Soa Siu		PLTD	BBM	PLN	10	10	
	TOTAL					40,5	31,6	3

Sumber: Rancangan Usaha Pembangkit Tenaga Listrik 2016-2025

Laut di sekitar Pulau Maluku Utara yang menjadi lokasi dalam pembuatan energi listrik memiliki tinggi gelombang cukup tenang sekitar 0.25-0.8 M. Besarnya pembangkit listrik yang akan dibangun di Provinsi Maluku Utara sebesar 1 MW. *Solar Panel* yang digunakan berjumlah 3.125 buah karena besarnya kebutuhan daya, stabilitas dan penyesuaian terhadap Laut Maluku. Berikut merupakan perhitungan daya *solar panel* untuk Laut di sekitar Pulau Maluku Utara.

$$\begin{aligned}
 \text{Daya 1 panel} &= 320 \text{ Watt} \\
 \text{Daya Floating Power Plant 1MW} &= 1.000.000 \text{ Watt} \\
 &= \frac{\text{Daya Floating Power Plant 1MW}}{\text{Daya 1 panel}} \quad (IV.1) \\
 &= \frac{1.000.000 \text{ Watt}}{320 \text{ Watt}}
 \end{aligned}$$

= 3.125 Buah Panel Surya

Setelah diketahui jumlah panel surya untuk Provinsi Maluku Utara, selanjutnya dilakukan perhitungan daya yang dihasilkan panel surya. Estimasi lama waktu yang dibutuhkan adalah 4 jam (pukul: 11.00-14.00 rentang waktu matahari bersinar maksimal). Berikut langkahnya:



AC-Grid	
Nominal voltage	Medium voltage
Number of phases	3
Frequency	50 Hz
Maximum output power	2 MVA; scalable to other powers
Battery	
Main applications	Integration of renewable energy, area regulation, reduction of grid congestion, trade on energy markets, ancillary services
Installed AC capacity	2 MWh; scalable to other energies

Gambar IV.9 Spesifikasi Baterai

$$\begin{aligned}
 E &= P_{ps} \times n_{ps} \times t \\
 &= 320 \times 3125 \times 4 \\
 &= 4.000.000 \text{ kWh} \\
 &= 4 \text{ MWh}
 \end{aligned}
 \tag{IV.2}$$

Dari spesifikasi pada Gambar IV.9 diketahui bahwa kapasitas baterai sebesar 2 MWh. Selanjutnya, dilakukan perhitungan terhadap jumlah baterai yang dibutuhkan dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 E_b &= P_b \times n_b \\
 4 \text{ MWh} &= 2 \text{ MWh} \times n_b \\
 n_b &= 2 \text{ baterai}
 \end{aligned}
 \tag{IV.3}$$

Dari hasil perhitungan, dapat disimpulkan bahwa untuk memenuhi kebutuhan listrik di Provinsi Maluku Utara, dibutuhkan waktu 4 jam untuk mengisi energi. Jumlah baterai dan panel surya minimal yang dibutuhkan per *Floating Power Plant* berjumlah 4 buah dan 3.125 buah. Baterai berjumlah 4 buah yang nantinya akan menyimpan listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Scenario penggunaan baterai adalah. Pada saat proses pendistribusian listrik ke wilayah Ternate baterai yang digunakan sebanyak 2 unit, sedangkan 2 unit lainnya dipergunakan dalam proses pengisian dari panel surya.

IV.5. Penentuan *Payload*

Penentuan *payload* dalam kapal pembangkit listrik ini didapatkan dari total berat alat - alat pembangkit listrik, yaitu baterai, *inverter*, *controller solar panel*, dan *solar panel*. Berikut rincian dari berat alat pembangkit listrik:

Tabel IV.3 Payload

Jenis Muatan	Berat Satuan (ton)	Jumlah	Berat (ton)
<i>Solar Panel</i>	0.026988	3125	843.375
<i>Inverter</i>	20	2	40
<i>Battery</i>	80	4	320
<i>Controller Solar Panel</i>	24	1	24
		Berat Total	1.227.375

Jadi, *payload* dari kapal pembangkit listrik dengan tenaga panel surya yang dibutuhkan untuk Provinsi Maluku Utara berjumlah 1.227,375 ton.

IV.6. Penentuan Ukuran Utama

Ukuran utama awal kapal didapatkan dari pembuatan *layout* awal kapal pembangkit listrik yang didasarkan pada ukuran dari alat pembangkit listrik. Pertama *layout* dibuat dengan menempatkan instalasi alat pembangkit listrik pada ruang muat, kemudian panjang kapal karena pembangkit listrik ini adalah jenis kapal tongkang maka $L_{wl} = L_{pp} = L_{oa}$. Lebar disesuaikan dengan lebar yang dibutuhkan untuk seluruh alat pembangkit listrik. Sarat disesuaikan dengan kedalaman air yang berada di perairan Maluku Utara, yaitu 9 m. Kemudian ditentukan sesuai dengan ratio ukuran utama, lambung timbul (*freeboard*) dan margin antara *displacement* dengan berat total (LWT+DWT).

$L_{pp} : 177 \quad m$

$L_{wl} : 45 \quad m$

$B : 45 \quad m$

$H : 12.3 \quad m$

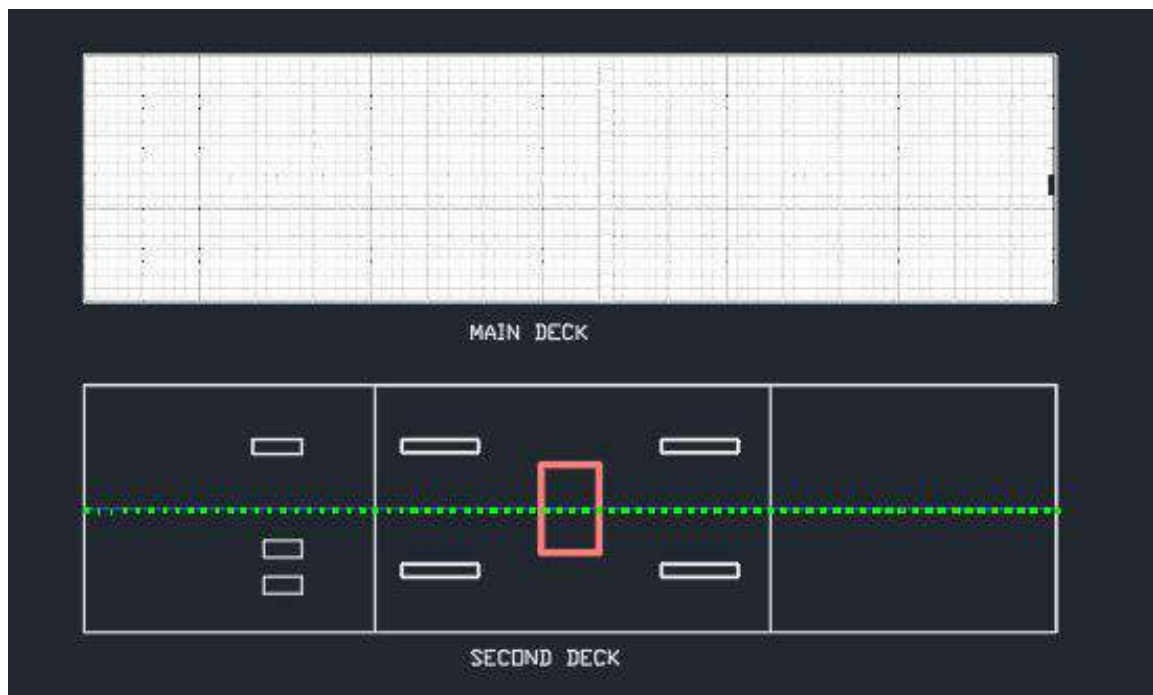
$T : 9 \quad m$

Ukuran utama tersebut kemudian disesuaikan dengan batasan – batasan perbandingan ukuran utama sebagai berikut:

L/B =	3.93	→	3.5 < L/B < 10 PNA Vol. 1 hal. 19
B/T =	5.00	→	1.8 < B/T < 5
L/T =	19.67	→	10 < L/T < 30 PNA Vol. 1 hal 19
T/H =	0.731	→	0.7 - 0.8

Setelah ukuran utama awal kapal didapatkan dapat dilakukan pembuatan *layout* awal *barge* yang didasarkan pada fungsi luasan penataan panel surya. Pertama *layout* dibuat dengan melakukan penataan panel surya yang dibutuhkan, kemudian diberikan ruang untuk rumah geladak *barge*. *Layout* awal *barge* bisa dilihat pada Gambar IV.9 dibawah ini. Ukuran utama awal kapal didapatkan dengan cara membuat sket awal dari desain panel surya.

Melihat dari ukuran utama kapal, yang termasuk kapal yang cukup besar, maka untuk menggantikan penggunaan PLTD di Kota Ternate dibuatlah satu *Floating Power Plant* yang akan dengan kapasitas panel surya sebesar 1 MW.



Gambar IV.10 Layout Awal Kapal

IV.7. Perhitungan Teknis

IV.7.1. Perhitungan Froude Number

Froude number dapat dihitung dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L}} \quad (IV.4)$$

Keterangan :

- F_r = *Froude Number*
- V_s = kecepatan kapal (m/s)
- g = percepatan gravitasi (m/s^2)
- L_{wl} = *length of waterline* (m)

$$\begin{aligned} Fn &= \frac{6.5}{\sqrt{9.81 \times 177}} \\ &= 0.080 \end{aligned}$$

IV.7.2. Perhitungan Coefficient

a. *Block Coefficient* (C_b)

$$\begin{aligned} C_b &= \nabla / (L \cdot B \cdot T) \\ &= 0.877 \end{aligned} \quad (IV.5)$$

Untuk perhitungan C_b didapatkan dari maxsurf.

b. *Midship Coefficient* (C_m)

$$\begin{aligned} C_m &= A_m / B \cdot T \\ &= 1 \end{aligned} \quad (IV.6)$$

c. *Prismatic Coefficient* (C_p)

$$\begin{aligned} C_p &= C_b / C_m \\ &= 0.993 / 1 \\ &= 0.877 \end{aligned} \quad (IV.7)$$

d. *Waterplan Coefficient* (C_{wp})

$$\begin{aligned} C_{wp} &= A_{wp} / L \cdot B \\ &= 7867.41 / 177 \times 45 \\ &= 0.988 \end{aligned} \quad (IV.8)$$

IV.7.3. Perhitungan Displacement

Displacement (Δ)

$$\Delta = L_{wl} \times B \times T \times C_b \quad (IV.9)$$

$$= 177 \times 45 \times 9 \times 0.993$$

$$= 72955.73 \text{ ton}$$

$$\nabla = (\text{Luasan I} + \text{Luasan II}) \times B \quad (IV.10)$$

$$= ((1/2 \times 8.6 \times 117) + (3.6 \times 177)) \times 45$$

$$= 62.923,5 \text{ m}^3$$

IV.7.4. Perhitungan Freeboard

Perhitungan *Freeboard* mengacu pada ”*International Convention of Load Lines, 1966, Protocol of 1988*”. Hasil yang didapatkan adalah tinggi minimum *freeboard* yang diijinkan.

1. Tipe Kapal

(ICLL) *International Convention on Load Lines - Chapter 3, Regulation 27* menyebutkan bahwa kapal tipe A adalah:

1. Kapal yang didesain untuk mengangkut kargo curah air.
2. Kapal yang memiliki kekokohan tinggi pada geladak terbuka.
3. Kapal yang memiliki tingkat permeabilitas rendah pada ruang muat

Kapal tipe B adalah selain kapal tipe A, Sehingga *Floating Power Power* termasuk kapal **tipe A**

2. Lambung Timbul

(ICLL Chapter 3, Reg. 28, *Freeboard Table for Type B Ships*)

$$Fb_1 = 2357 \text{ mm} \quad \text{Untuk kapal dengan } L = 177 \text{ m}$$

$$Fb_1 = 235.7 \text{ cm}$$

$$= 2.357 \text{ m}$$

3. Koreksi

a. Koefisien Block

$$CB = \frac{Cb + 0.68}{1.36}$$

$$= 1.1448529$$

b. Depth (D)

$$L/15 = 11.8$$

$$D = 12.30 \text{ m}$$

jika, $D > L/15$; maka ada koreksi

jika, $D > L/15$; lambung timbul standar ditambah dengan $R.(D-(L / 15))R$
dimana $R = (L/0.48)$

$D > L/15$ maka, $R = 368.75$

$$\begin{aligned}\text{Koreksi} &= R. (12.3 - (177 / 15)) \text{ mm} \\ &= 184.357 \text{ mm} = 0.1884 \text{ m}\end{aligned}$$

$$Fb2 = 2.5414 \text{ m}$$

Sehingga, koreksi pengurangan lambung timbul bangunan atas = 0.000, tidak perlu koreksi karena *superstructures*-nya terbuka bukan tertutup.

4. Total Lambung Timbul

$$\begin{aligned}Fb' &= Fb2 - \text{Koreksi lambung timbul kapal dibawah 100 m} \\ &= 2.54 \text{ m}\end{aligned}$$

5. Batasan

Lambung Timbul Sebenarnya

$$\begin{aligned}Fb &= H - T \\ &= 3.30 \text{ m}\end{aligned}$$

Lambung Timbul Sebenarnya harus lebih besar dari Lambung Timbul Disyaratkan

Kondisi = **Diterima**

IV.7.5. Perencanaan Tangki

Pada umumnya tangki pada *Floating Power Plant* digunakan untuk menampung kebutuhan permesinan pada kapal. Tangki yang direncanakan pada kapal ini adalah *water ballast tank*. Proses perencanaannya dimulai dengan melakukan perhitungan kebutuhan *payload* pada kapal kemudian menentukan *water ballast tank*. Setelah didapatkan ukuran dari tangki maka dilanjutkan dengan mendesain menggunakan *software maxsurf stability enterprise* untuk mengetahui titik berat kapal dan analisis stabilitasnya.

IV.7.6. Perhitungan Tebal Pelat

Proses pembangunan *Floating Power Plant* menggunakan material bata sebagai bahan dasar konstruksinya, sehingga untuk perhitungan tebal pelat menggunakan klasifikasi BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) sebagai acuannya. Perhitungan tebal pelat diambil berdasarkan beban yang diterima pada setiap bagian pelat-pelat yang akan dihitung. Secara umum untuk perhitungan tebal pelat didapatkan dari persamaan:

Contoh perhitungan untuk pelat alas:

$$t_{B1} = 18,3 \cdot \sqrt[3]{a \cdot \left(\frac{P_B}{s_{pl}} \right)} + t_k \quad [\text{mm}]$$

$$t_{B2} = 1,21 \cdot a \cdot (P_B \cdot k)^{0,5} + t_k \quad [\text{mm}]$$

Dibandingkan dan diambil nilai yang paling besar

Untuk pelat sisi:

$$t_{S1} = 18,3 \cdot \sqrt[3]{a \cdot \left(\frac{P_s}{s_{pl}} \right)} + t_k \quad [\text{mm}]$$

$$t_{S2} = 1,21 \cdot a \cdot (P_s \cdot k) + t_k \quad [\text{mm}]$$

$$t_{S3} = 18,3 \cdot \sqrt[3]{a \cdot \left(\frac{P_{SL}}{s_{plmax}} \right)} + t_k \quad [\text{mm}]$$

Dibandingkan dan diambil nilai yang paling besar, yang membedakan dari setiap pelat adalah beban yang diterima dari setiap bagian berbeda-beda makanya tebal pelat setiap bagian juga berbeda.

Tabel IV.4 Rekapitulasi Perhitungan Beban

Bagian Pelat	Tebal Pelat (mm)
Pelat Alas	8
Pelat Alas Dalam	6
Pelat Geladak	6
Pelat Sisi	8

IV.7.7. Perhitungan Berat *Floating Power Plant*

Pada perhitungan berat kapal *Floating Power Plant* ini, terdapat dua kelompok utama yang dihitung yaitu LWT (*Light Weight Tonnage*) dan DWT (*Dead Weight Tonnage*). Keduanya memiliki elemen yang berbeda-beda dan apabila dijumlahkan akan menjadi berat total kapal. Pada sub bab ini akan ditampilkan rekapitulasi perhitungan DWT dan LWT kapal yang dimana data-data perhitungan detailnya akan ada di lampiran

IV.7.8. Perhitungan DWT

Pada perhitungan DWT pada Tugas Akhir ini hanya terdiri dari satu komponen, yaitu berat Ballast Water. Untuk komponen berat DWT dapat dihitung secara langsung. Perhitungan berat selengkapannya dapat dilihat pada lampiran. Berikut hanya dilampirkan rekapitulasi berat DWT *Floating Power Plant*.

Tabel IV.5 Rekapitulasi Perhitungan DWT Floating Power Plant.

Berat Kapal Bagian DWT			
No	Item	Value	Unit
1	Berat Ballast Water		
	Berat Ballast Water	67000000	kg
	Massa Jenis Air Laut	1.025	ton/m ³
	Berat total	67000001.03	kg
		67000.001	ton

IV.7.9. Perhitungan LWT

LWT adalah berat kapal kosong yang terdiri dari berat baja, berat generator set, berat wahana dan fasilitas umum, dan berat beton cor sebagai ballast mati kapal. Dibawah ini akan ditampilkan perhitungan berat LWT yang dimana metode perhitungan yang digunakan adalah pos per pos untuk menghitung berat konstruksi kapal kosong yang akan ditampilkan di lampiran. Perhitungan berat selengkapnya dapat dilihat di Lampiran, pada sub bab ini hanya akan ditampilkan rekapitulasi berat LWT *Floating Power Plant*

Tabel IV.6 Rekapitulasi Perhitungan LWT Floating Power Plant.

Berat Kapal Bagian LWT			
No	Item	Value	Unit
1	Berat Lambung (hull) Kapal		
	<i>Dari software Maxsurf Pro & Autocad, didapatkan luasan permukaan lambung kapal</i>		
	Luas Bottom	7,824.465	m ²
	Luas Sisi (Kiri + Kanan)	4327.124	m ²
	Luas Depan	564.597	m ²
	Luas Belakang	556.304	m ²
	Total luasan lambung kapal	13272.490	m ²
	Tebal pelat lambung	8	mm
		0.008	m
	Volume shell plate = luas x tebal	106.180	m ³
	<i>r</i> baja	7.85	gr/cm ³
		7850	kg/m ³
	Berat Total	833512.372	kg
		833.512	ton
2	Berat Geladak (deck) Kapal		
	<i>Dari software Maxsurf Pro, didapatkan luasan permukaan geladak kapal</i>		
	Luasan 1st deck kapal	7965.000	m ²

	Tebal pelat 1st deck	0.006	m
	Volume shell plate = luas x tebal	47.790	m ³
	<i>r</i> baja	7.85	gr/cm ³
		7850	kg/m ³
	Berat Total	375151.500	kg
375.152		ton	
3	Berat Konstruksi Lambung Kapal		
	<i>Berat konstruksi lambung kapal menurut pengalaman empiris 20% - 25% dari berat logam lambung kapal (diambil 25%)</i>		
	Berat baja lambung + geladak kapal	1208.664	ton
	25% dari berat baja kapal	302.166	ton
	Berat Konstruksi Total	302.166	ton
4	Equipment & Outfitting		
	Berat Total	127464.831	kg
		127.465	ton
8	Genset		
	Berat Genset	0.000	kg
	Berat Water pump	144.000	kg
	Berat Total	144.000	kg
		0.144	ton
Total Berat Bagian LWT			
No	Komponen Berat Kapal Bagian LWT	Value	Unit
1	Berat Lambung (hull) Kapal	833.512	ton
2	Berat Geladak (deck) Kapal	375.152	ton
3	Berat Konstruksi Lambung Kapal	302.166	ton
7	Equipment & Outfitting	127.465	ton
8	Berat Genset	0.144	ton
Total		1638.439	ton

IV.7.10. Koreksi *Displacement*

Setelah diketahui total LWT dan DWT kapal, maka dilanjutkan dengan menghitung koreksi *displacement*. Selisih antara penjumlahan dari LWT dan DWT dengan *displacement* dari *Floating Power Plant* ini didesain untuk tidak lebih dari 10%. Untuk Perician dari koreksi *displacement* dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel IV.7 Koreksi Displacement

Total Berat Kapal (DWT + LWT)			
No	Komponen Berat Kapal	Value	Unit
1	Berat Kapal Bagian DWT	67000.001	ton
2	Berat Kapal Bagian LWT	1638.439	ton
Total		68638.440	ton
Batasan Kapasitas Kapal Sesuai Hukum Archimedes			
No	Komponen Berat Kapal	Value	Unit
1	Displacement = $L \times B \times T \times C_b \times \rho$	72955.728	ton
2	DWT	67000.001	ton
3	LWT	1638.439	ton
4	Displacement = DWT + LWT	68638.440	ton
Selisih		4317.288	ton
		5.92%	

IV.7.11. Perhitungan Trim

Perhitungan trim dilakukan dengan menggunakan *software Maxsurf Stability Enterprise* dan dibandingkan dengan beberapa batasan berikut:

Batasan Trim

Trim maksimal menurut SOLAS Reg II/7

$$0.5\%Lwl = 0.885m$$

Berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan trim menurut *maxsurf stability enterprise*:

Tabel IV.8 Perhitungan Trim

Trim kondisi 100% pengunjung			Kondisi trim	Kondisi Syarat
Kondisi Fresh Water 100%	= 0.014	m	Trim Buritan	<i>Accepted</i>
Kondisi Fresh Water 50%	= 0.010	m	Trim Buritan	<i>Accepted</i>
Kondisi Fresh Water 0%	= 0.016	m	Trim Buritan	<i>Accepted</i>

IV.7.12. Perhitungan Stabilitas

Pada pengerjaan Tugas Akhir ini, perhitungan stabilitas kapal menggunakan *software* Pemodelan Lambung Kapal. Tahapan dari pengerjaan stabilitas *Floating Power Plant* adalah sebagai berikut:

1. Pertama dimulai dengan membuka *software* Pemodelan Lambung Kapal kemudian membuka *file* permodelan lambung kapal yang telah dilakukan sebelumnya di *software* Pemodelan Lambung Kapal.

2. Setelah *file* model lambung kapal terbuka, maka dilanjutkan dengan memasukan desain tangki-tangki yang sudah dibuat pada saat perencanaan tangki. Pada tahap ini yang perlu diperhatikan adalah penentuan massa jenis muatan. Pada *software* Analisa Stabilitas dan Trim kapal terdapat analisis massa jenis (*density*) muatan yang berdasarkan massa jenis dari tiap tiap muatan tangki tersebut. Sebagai contoh massa jenis air tawar adalah 1 ton/m^3 dan massa jenis solar adalah 0.84 ton/m^3
3. Setelah perencanaan tangki selesai, maka dilakukan input data berat kapal yang lainnya. Pada pengerjaan Tugas Akhir ini data berat kapal yang dimasukkan adalah LWT yaitu berat kapal kosong. Serta data yang diperlukan lainnya adalah LCG kapal yang didapatkan dari perhitungan stabilitas.
4. Selanjutnya adalah pemilihan kriteria stabilitas untuk kapal. Pada pengerjaan Tugas Akhir ini kriteria yang digunakan adalah IMO A.749 (18) Chapter 3.
5. Perencanaan kondisi pemuatan (*loadcase*). Hal ini dilakukan karena pada kondisi nyata nantinya, kapal akan memiliki banyak variasi kondisi seperti kondisi setengah muatan, kondisi muatan kosong dan lainnya. Maka pada pengerjaan Tugas Akhir ini kondisi yang direncanakan adalah dengan menggunakan 3 kondisi yaitu kondisi pada saat muatan *Ballast Water* 100% , *Ballast Water* 50%, dan *Ballast Water* 0%.
6. Langkah terakhir dari proses perhitungan stabilitas dengan *software* Analisa Stabilitas dan Trim kapal ini adalah menganalisis stabilitas dan melihat hasilnya.

Tabel IV.9 Rekapitulasi Hasil Perencanaan Tangki

	Name	Type	Intact Perm. %	Damaged Perm. %	Specific gravity	Fluid type	Boundary surfaces
1	B belakang	Tank	100	100	1.025	SW	none
2	B tengah	Tank	100	100	1.025	SW	none
3	B depan	Tank	100	100	1.025	SW	none
4	B belakang	Tank	100	100	1.025	SW	none
5	B tengah ka	Tank	100	100	1.025	SW	none
6	B depan ka	Tank	100	100	1.025	SW	none

Aft (m)	Fore (m)	F.Port (m)	F. Stbd (m)	F.Top (m)	F.Bott (m)
0.001	52.8	-22.5	0	8.3	0
52.8	124.8	-22.5	0	8.3	0
124.8	176.999	-22.5	0	8.3	0
0.001	52.8	0	22.5	8.3	0

52.8	124.8	0	22.5	8.3	0
124.8	176.999	0	22.5	8.3	0

Stabilitas adalah kriteria yang harus dipenuhi pada proses desain kapal untuk mengetahui keseimbangan kapal secara melintang atau oleng pada beberapa kriteria kondisi pemuatan (*loadcase*). Kriteria stabilitas yang digunakan adalah kriteria stabilitas untuk kapal yang mengacu pada *IMO A.749 (18) Chapter 3*. Kriteria tersebut antara lain sebagai berikut:

1. Luas (A) dibawah kurva lengan pengembali (kurva GZ) sampai sudut 30 derajat tidak kurang dari 3.1513 meter.deg
(*IMO A.749 (18) Chapter 3*)
2. Luas (A) dibawah kurva GZ sampai sudut 40 derajat atau *downflooding* θ_f , jika sudut ini kurang dari 40 derajat, tidak boleh kurang dari 5.1566 meter.deg
(*IMO A.749 (18) Chapter 3*)
3. Luas dibawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ atau antara $\theta = 30^\circ$ dan sudut *downflooding* θ_f , jika sudut ini kurang dari 40° , tidak boleh kurang dari 1.7189 meter.deg
(*IMO A.749 (18) Chapter 3*)
4. GZ tidak boleh kurang dari 0.2 meter pada sudut 30 derajat
(*IMO A.749 (18) Chapter 3*)
5. GZ maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat
(*IMO A.749 (18) Chapter 3*)
6. Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0.15 meter
ISO Code 2008

Setelah dilakukan analisis stabilitas menggunakan *software maxsurf* maka dilakukan pemeriksaan kondisi stabilitas. Semua kondisi stabilitas berdasarkan kriteria diatas harus dipenuhi. Pada pengerjaan Tugas Akhir ini semua kondisi *loadcase* kapal harus diperiksa dan hasilnya harus memenuhi kriteria. Berikut adalah hasil rekaptulasi dari ketiga *loadcase*:

Tabel IV.10 Hasil Rekapitulasi 3 Loadcase

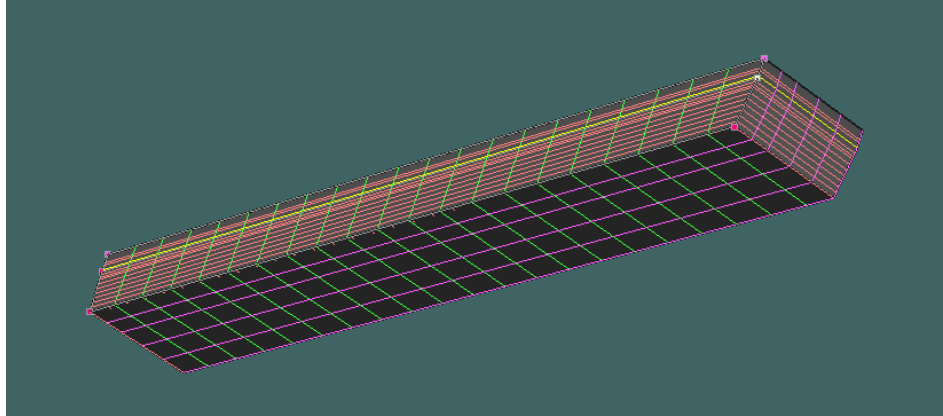
Rekapitulasi Kriteria Stabilitas Floating Power Plant						
No	Kriteria	Kondisi Loadcase Saat Consumable				
		Ballast Water				
		0%	50%	100%	Satuan	Kondisi
1	Area 0 to 30 (≥ 3.1513)	3,1513	3,1513	3,1513	m.deg	<i>Accepted</i>
2	Area 0 to 40 (≥ 5.1513)	5,16	5,1566	5,1566	m.deg	<i>Accepted</i>
3	Area 30 to 40 (≥ 1.7189)	1,7189	1,7189	1,7189	m.deg	<i>Accepted</i>
4	Max GZ at 30 or greater (≥ 0.2)	0,2	0,2	0,2	m	<i>Accepted</i>
5	$\theta_{GZmax} \geq 15^\circ$	25	25	25	deg	<i>Accepted</i>
6	$GM \geq 0,15$	0,15	0,15	0,15	m	<i>Accepted</i>
7	Passenger Crowding ($\leq 10^\circ$) (angle of equilibrium)	10	10	10	deg	<i>Accepted</i>
						<i>Accepted</i>
8	Turn : angle of equilibrium ($\leq 10^\circ$)	10	10	10	deg	<i>Accepted</i>
9	Severe wind & rolling					
	Angle of steady heel shall not be greater than ($\leq 16^\circ$)	16	16	16	deg	<i>Accepted</i>
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than ($\leq 80\%$)	80	80	80	%	<i>Accepted</i>
	Area1 / Area2 shall not be less than ($\geq 100\%$)	100	100	100	%	<i>Accepted</i>

IV.7.13. Desain Rencana Garis (*Lines Plan*)

Proses pembuatan desain rencana garis dimulai setelah ukuran utama kapal diketahui, yaitu pada saat penentuan ukuran utama kapal. Dalam proses desainnya, penulis menggunakan *software maxsurf modeler advanced* untuk membuat model lambung kapal. Sebenarnya bisa juga menggunakan *software AutoCAD* karena desainnya yang cukup gampang berbentuk kotak, namun karena harus merencanakan tangki juga oleh karena itu dibutuhkan *software maxsurf modeler advanced* untuk dapat membuat model lambung kapal yang nantinya akan di-import kedalam *software maxsurf stability*. Langkah-langkah yang dilakukan dalam desain rencana garis (*linesplan*) dengan *software maxsurf* adalah sebagai berikut:

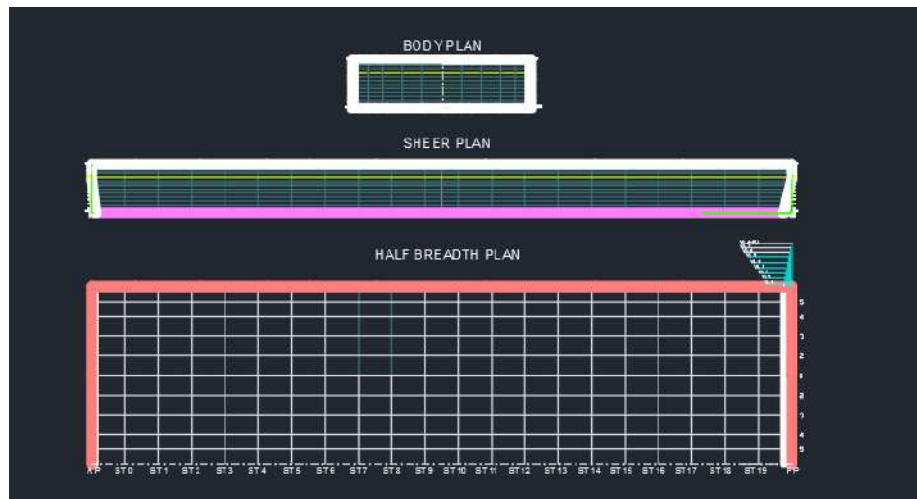
- Membuka *software maxsurf modeler advanced*
- Membuat *surface* kotak dengan ukuran yang telah ditentukan
- Mengukur ukuran utama pada *size surface*
- Pengaturan *station*, *water line*, *buttock line* pada *design grid*
- Pengaturan *unit*, *grid spacing* dan *frame of references*

- Pengaturan *control point*
- Pengecekan kesesuaian *hidrostatik*



Gambar IV.11 Tampak Precpective

Setelah didapatkan desain seperti pada gambar diatas maka langkah terakhir dari proses pembuatan *linesplan* ini adalah meng-*ekspor* ke format *dxf* untuk selanjutnya diperhalus garisnya menggunakan *software AutoCAD*. Selanjutnya dilakukan penggabungan dari setiap penampakan gambar menjadi satu gambar dan memberikan keterangan garis dan nama gambar.



Gambar IV.12 Lines Plan Floating Power Plant

IV.7.14. Desain Rencana Umum (*General Arrangement*)

Rencana umum didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapannya. Pengaturan peletakan yang diatur dalam *General arrangement* ini antara lain adalah posisi peletakan alat pembangkit listrik di dalam ruang muat, pembagian lokasi ruangan kerja pada rumah geladak beserta akses masuk dan keluarnya, peletakan peralatan dan *outfitting* lainnya.

Rencana umum dibuat berdasarkan rencana garis yang telah dibuat sebelumnya. Dengan *lines plan* secara garis besar bentuk badan kapal (*outline*) akan terlihat sehingga memudahkan dalam merencanakan serta menentukan pembagian ruangan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Satu hal yang menjadi pokok dalam penyusunan Rencana Umum adalah faktor ekonomis. Hubungannya adalah bahwa kapal dengan GT atau volume ruangan tertutup pada kapal yang akan menjadi patokan dalam pengenaan pajak pada kapal ketika bersandar di pelabuhan. Kapal dengan ruangan-ruangan besar pada kapal akan menyebabkan GT kapal menjadi besar sehingga pajak yang dikenakan juga besar. GT tersebut dikenakan pada kapal sepanjang umur kapal menjadikan kapal tersebut menjadi tidak efisien dari segi ekonomis. Efisiensi tersebut bisa didapatkan dari penyusunan ruangan yang tepat serta penempatan pintu-pintu yang efektif diantara ruangan-ruangan tersebut.

Penyusunan yang baik juga memperhatikan faktor manusia yang akan tinggal di kapal tersebut. Kebutuhan rohani dan jasmani awak kapal harus bisa terpenuhi. Unsur keindahan dan kenyamanan juga menjadi perhatian dalam membuat Rencana Umum. Faktor konstruksi juga menjadi perhatian dalam pembagian ruangan-ruangan tersebut.

Menurut "*Ship Design and Construstion*" (Taggart, 1980), karakteristik rencana umum dibagi menjadi 4 bagian antara lain:

- Penentuan lokasi ruang utama
- Penentuan batas-batas ruangan
- Penentuan dan pemilihan perlengkapan yang tepat
- Penentuan akses (jalan atau lintasan) yang cukup

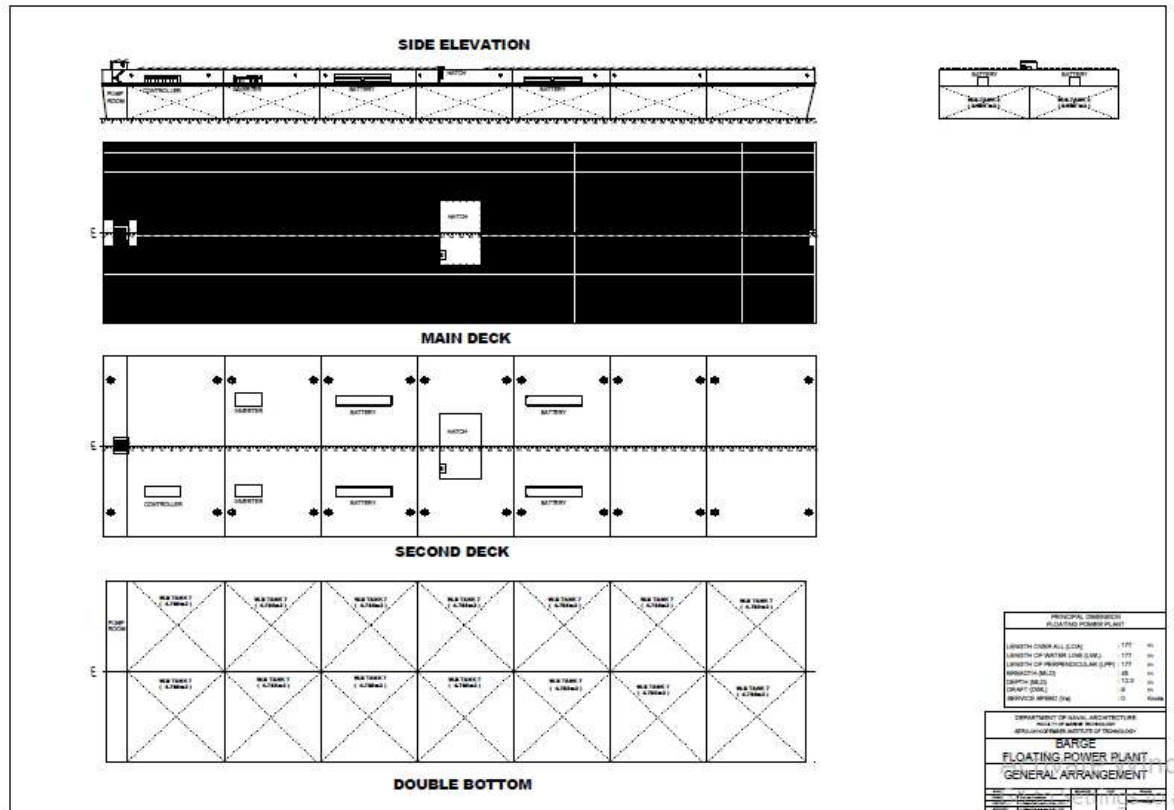
Langkah pertama dalam menyelesaikan permasalahan rencana umum adalah menempatkan ruangan-ruangan utama beserta batas-batasnya terhadap lambung kapal dan bangunan atas. Adapun ruangan utama dimaksud adalah:

- Ruang muat baterai
- Geladak untuk panel surya
- *Deck House*
- Tangki-tangki (*ballast water tank*)
- Ruangan-ruangan lainnya

Pada saat yang bersamaan juga ditentukan kebutuhan lain yang harus diutamakan seperti:

- Sekat kedap masing-masing ruangan
- Stabilitas yang cukup

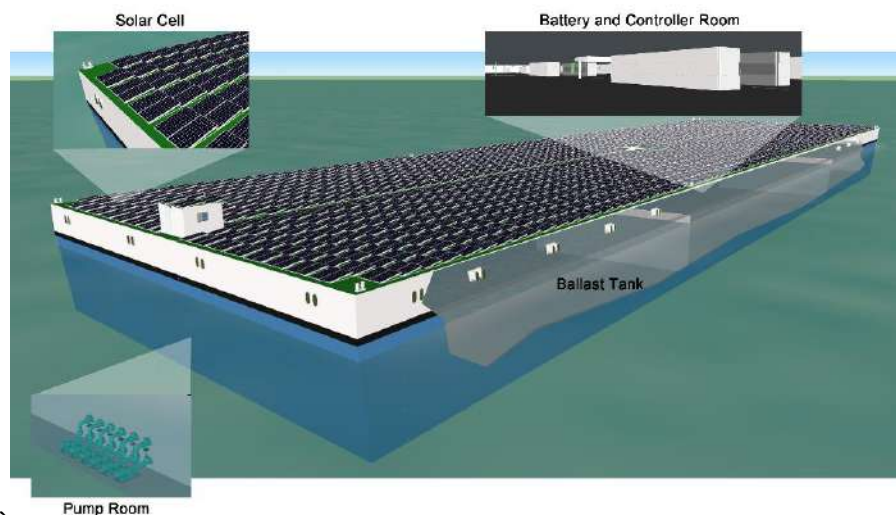
- Struktur / konstruksi
- Penyediaan akses yang cukup



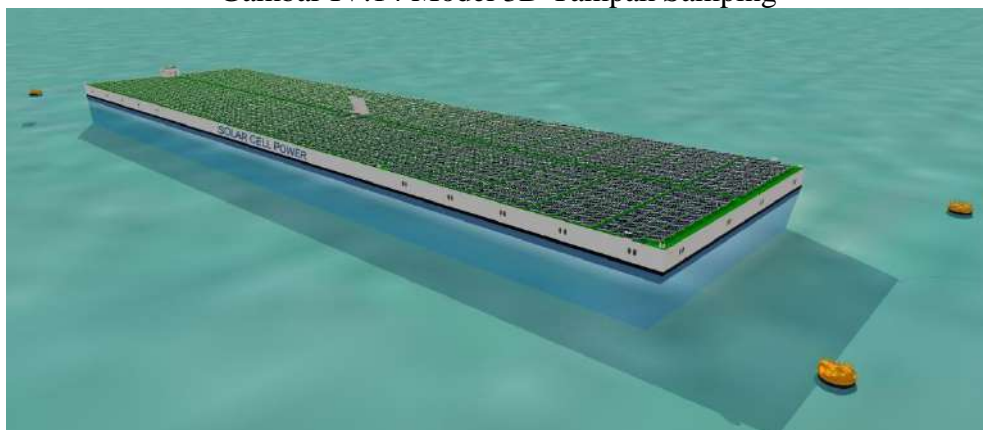
Gambar IV.13 General Arrangement Floating Power Plant

IV.7.15. Pembuatan Desain 3D

Setelah selesai membuat *General Arrangement* (Rencana Umum), langkah selanjutnya adalah membuat desain 3D untuk mengetahui bentuk kapal secara 3 dimensi. Pembuatan desain 3D menggunakan software *Sketch-Up student version*.



Gambar IV.14 Model 3D Tampak Samping



Gambar IV.15 Model 3D

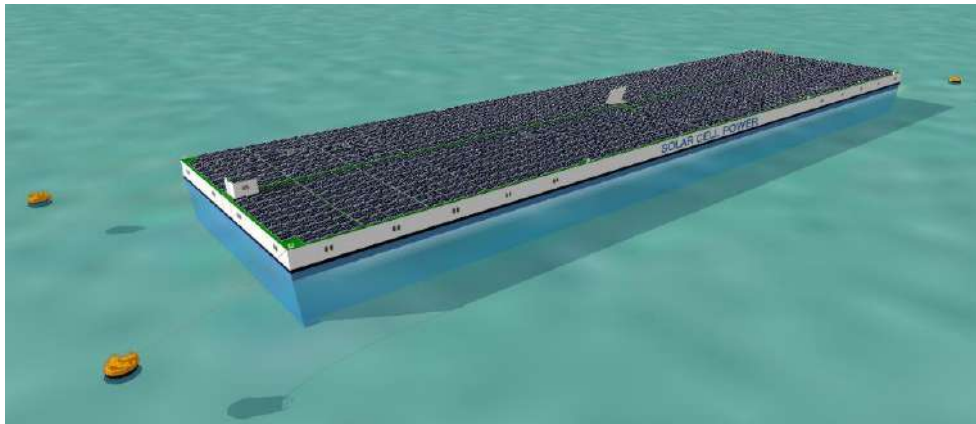
IV.7.16. Sistem Penambatan (*Mooring*)

Penambatan digunakan untuk membuat kapal diam dan tidak bergerak dalam suatu tempat di dermaga. Pada kapal pembangkit listrik dengan tenaga gelombang air laut, selain untuk menambatkan kapal di dermaga, penambatan juga dilakukan ketika kapal melakukan pengisian energi di tengah laut. Hal ini dilakukan agar gerakan mengapung kapal dan *floats* tidak sama. Karena apabila sama, pengisian energi tidak bisa dilakukan secara maksimum.

Untuk menambatkan suatu kapal, dibutuhkan tali tambat atau *mooring line/hawser* dan *bollard* yang menjadi tumpuan dari tambatan tersebut. Sistem *mooring* yang digunakan adalah sistem *conventional buoy mooring* (CBM). Sistem ini biasa digunakan untuk kapal-kapal *tanker* yang perlu ditambatkan ditengah laut untuk melakukan pengeboran minyak yang berfungsi untuk mengurangi gerak kapal hingga seminimal mungkin.

Pada sistem *conventional buoy mooring*, kapal ditambat dengan tali ke *buoy* dan *buoy* dijangkar ke *seabed* dengan rantai. Formasi *mooring* yang digunakan dilihat dari ukuran

panjang kapal dan kebutuhan stabilitas kapal sehingga digunakan empat buah *mooring* yang diposisikan secara *rectangular*.



Gambar IV.16 Sistem Mooring

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V ANALISIS EKONOMIS

V.1. Estimasi Biaya Pembangunan

Biaya pembangunan kapal dihitung dengan membagi komponen dalam beberapa bagian (Watson, 1998), yaitu: *deckhouse* berbahan baja, perlengkapan, permesinan dan kelistrikan.

Tabel V.1 Rekapitulasi Biaya Pembangunan

No	Item	Value	Unit
1	Lambung Kapal (hull)		
	<i>(tebal pelat lambung = 8 mm, jenis material = baja)</i>		
	<i>Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-detail/ah36-steel-plate-for-shipbuilding-60239600140.html?s=p</i>		
	Harga	800.00	USD/ton
	Berat hull	833.51	ton
	Harga Lambung Kapal (hull)	666809.90	USD
2	Geladak Kapal (deck)		
	<i>(tebal pelat geladak = 6 mm, jenis material = baja)</i>		
	<i>Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-detail/ah36-steel-plate-for-shipbuilding-60239600140.html?s=p</i>		
	Harga	800.00	USD/ton
	Berat geladak	375.15	ton
	Harga Lambung Kapal (deck)	300121.20	USD
3	Konstruksi Lambung		
	<i>Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-detail/ah36-steel-plate-for-shipbuilding-60239600140.html?s=p</i>		
	Harga	800.00	USD/ton
	Berat konstruksi	302.166	ton
	Harga Konsruksi Lambung	241732.8	USD
4	Elektroda		
	<i>(diasumsikan 6% dari berat pelat kapal)</i>		
	<i>Sumber: Nekko Steel - Aneka Maju.com</i>		
	Harga	500	USD/ton
	Berat pelat kapal total (hull, deck, konst, bangunan atas)	90.650	ton
	Harga Elektroda	45325	USD
	Total Harga Pelat Kapal & Elektroda	1253989	USD

Tabel V.2 Rekapulasi Biaya Equipment & Outfitting

No	Item	Value	Unit
1	Panel Surya		
	<i>(dimension: 2 x 1 x 0.04)</i>		
	Sumber : https://www.gogreensolar.com		
	Harga	312.00	USD/m
	Jumlah Panel Surya	3,125.00	m
	Harga Panel Surya 320 Watt	975000.00	USD
2	Dudukan Panel Surya		
	<i>(dimension: 1 x 1)</i>		
	Sumber: www.google.com		
	Harga per unit	11.1	USD
	Jumlah	3,125.00	unit
	Harga Total	34,688	USD
3	Inverter		
	<i>(Daya = 2000 kW)</i>		
	Sumber: www.alibaba.com		
	Harga per unit	149.7	unit
	Jumlah	2.00	USD
	Harga Total	299.40	USD
4	Baterai		
	<i>(Daya = 2000 kW)</i>		
	Sumber: www.alibaba.com		
	Jumlah	4	unit
	Harga per unit	1,200.0	USD
	Harga Total	4800.0	USD
5	Solar Controller Panel		
	<i>(Daya = 1000 V, 1250 A)</i>		
	Sumber: www.alibaba.com		
	Jumlah	1	unit
	Harga per unit	5,468.75	USD
	Harga Total	5468.75	USD
6	Mooring Bouy		
	Sumber: www.alibaba.com		
	Jumlah	4	unit
	Harga per unit	10	USD
	Harga Total	40	USD
7	Close Chock		
	Sumber: www.alibaba.com		
	Jumlah	2	unit

	Harga per unit	158	USD
	Harga Total	316	USD
8	Kabel		
	<i>Sumber: www.alibaba.com</i>		
	Jumlah	50	unit
	Harga per unit	2	USD
	Harga Total	94	USD
9	Pintu Kedap		
	Jumlah	1	
	Harga per unit	450	
	Harga Total	450	
10	Tali Tambat		
	Jumlah	2	Unit
	Harga per unit	405	USD
	Harga total	810	USD
11	Water Pump		
	<i>(1unit water pump merk freesea)</i>		
	Harga per unit	100	USD/unit
	Shipping Cost	500.00	USD
	Harga Water pump	600	USD
Total Harga Equipment and Outfitting		1021068	USD

Tabel V.3 Rekapulasi Biaya Pembangunan

No	Item	Value	Unit
1	Pelat Kapal & Elektroda	1253989	USD
2	Equipment & Outfitting	1021068	USD
Total Harga (USD)		2275056	USD
Kurs Rp - USD (per 13 Desember 2017, BI)		13521	Rp/USD
Total Harga (Rupiah)		30,761,036,140.36	Rp

Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah

sumber: Tugas Akhir "Studi Perancangan Trash-Skimmer Boat Di Perairan Teluk Jakarta", 2012

Tabel V.4 Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi

No	Item	Value	Unit
1	Keuntungan Galangan		
	<i>10% dari biaya pembangunan awal</i>		
	Keuntungan Galangan	3,076,103,614.04	Rp
2	Biaya Untuk Inflasi		

	2% dari biaya pembangunan awal		
	Biaya Inflasi	615,220,722.81	Rp
3	Biaya Pajak Pemerintah		
	10% dari biaya pembangunan awal		
	Biaya Dukungan Pemerintah	3,076,103,614.04	Rp
	Total Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi	6,767,427,950.88	Rp

$$\begin{aligned}
&= \text{Biaya Pembangunan} + \text{Profit Galangan} + \text{Biaya Inflasi} - \text{Bantuan Pemerintah} \\
&= 30,761,036,140 + 3,076,103,614 + 615,220,723 + 3,076,103,614 \\
&= \text{Rp} \quad \quad \quad \mathbf{37,528,464,091.24}
\end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel V.4 dilakukan perhitungan besarnya harga kapal dan didapatkan total harga kapal adalah **Rp 37,528,464,091.24**

V.2. Estimasi Biaya Operasional

Perhitungan biaya operasional ditentukan untuk biaya rutin yang harus dikeluarkan *owner* kapal setiap tahun. Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya biaya operasional di antaranya biaya perawatan kapal, asuransi, gaji kru kapal, serta cicilan pinjaman bank. Untuk memenuhi biaya pembangunan tersebut maka dilakukan peminjaman uang kepada bank. Bank yang dipilih untuk peminjaman adalah Bank Mandiri. Bank Mandiri sendiri memiliki ketentuan mengenai kredit investasi. Rinciannya adalah sebagai berikut:

- Mempunyai *Feasibility Study*
- Mempunyai izin-izin usaha, misalnya SIUP, TDP dan lain-lain
- Maksimum jangka waktu kredit 15 tahun dan masa tenggang waktu (*Grace Period*) maksimum 4 tahun
- Maksimum pembiayaan bank 65% dan Self Financing (SF) 35%

Dari ketentuan tersebut, maka rincian mengenai kredit investasi kepada Bank Mandiri dapat dilihat di lampiran, dan untuk penjelasan pada sub bab ini hanya hasil rekapitulasi biaya operasional *Floating Power Plant*, yakni sebagai berikut:

Tabel V.5 Rekapitulasi Biaya Operasional *Floating Power Plant*

Pinjaman Bank		
Biaya	Nilai	Unit
Building Cost	37,528,464,091	Rp
Pinjaman dari Bank	65%	
Pinjaman	24,393,501,659	Rp

Bunga Bank	13.5%	Per tahun
Nilai Bunga Bank	3,293,122,724	Per tahun
Masa Pinjaman	4	Tahun
Pembayaran Cicilan Pinjaman	1	Per Tahun
Nilai Cicilan Pinjaman	9,391,498,139	Rp

Biaya Perawatan		
<i>Diasumsikan 10% total dari building cost</i>		
Total maintenance cost	Rp 3,752,846,409	per tahun

Asuransi		
<i>Diasumsikan 2% total dari building cost</i>		
Biaya asuransi	Rp 750,569,282	per tahun

Gaji Komplemen Kapal		
Jumlah komplemen kapal	5	
Gaji Operator kapal per bulan	Rp 20,000,000	
Gaji Operator kapal per tahun	Rp 240,000,000	

OPERATIONAL COST		
Biaya	Nilai	Masa
Cicilan Pinjaman	Rp 9,391,498,139	per tahun
Gaji Operator	Rp 240,000,000	per tahun
Biaya Perawatan	Rp 3,752,846,409	per tahun
Asuransi	Rp 750,569,282	per tahun
Total	Rp 17,050,913,830	per tahun

Dari tabel V.5 dapat disimpulkan bahwa total pengeluaran setiap tahun untuk biaya perawatan, asuransi, gaji komplemen kapal, serta biaya *port charges* adalah sebesar **Rp. 17,050,913,830**

V.3. Estimasi Harga Listrik

Meskipun kapal tidak ditujukan untuk mencari keuntungan secara finansial karena ditujukan untuk mengaliri listrik pada daerah terpencil dan mendukung Program Proyek Listrik 35.000 MW dari pemerintah Indonesia, pada bagian ini, akan dilakukan perhitungan jumlah energi listrik pada Provinsi Maluku Utara yang didapatkan sebagai berikut:

- Harga Listrik 2017 dari PLN (Rp/ kWh) = Rp 1.467,28
- Harga Energi Listrik yang dihasilkan per hari = 4000 kWh x Rp 1.467,28
= Rp 5.869.120,-
- Harga Energi Listrik yang dihasilkan per bulan = 30 x Rp 1.467.280,-
= Rp 176.073.600,-
- Harga Energi Listrik yang dihasilkan per tahun = 12 x Rp 176.073.600,-
= Rp 2.112.883.200,-

Jadi, besar harga energi listrik yang dihasilkan per tahun untuk Provinsi Maluku Utara adalah **Rp 2.112.883.200,-**

V.4. Estimasi Keuntungan Bersih

Estimasi keuntungan bersih yang didapatkan dihitung per bulan dengan hasil sebagai berikut:

Tabel V.6 Estimasi Keuntungan Bersih

Item	Nominal
Biaya Investasi	Rp 37.528.464.091,24
Modal Bank 70%	Rp 26.269.924.863,87
Keuntungan kotor	-Rp 156.663.600,76
Jumlah In Come	Rp 63.641.725.354,34
Hutang perbulan bunga 12.5%	Rp 54.729.010,13
Biaya Operasional (Gaji)	Rp 20.000.000,00
Biaya perawatan	Rp 312.737.200,76
Biaya Takterduga 5 %	-Rp 7.833.180,04
Pajak penghasilan Usaha 25%	-Rp 23.499.540,11
Jumlah Out Come	Rp 356.133.490,74
Keuntungan Bersih	Rp 63.285.591.863,60

Dari Tabel V.6 dapat dilihat bahwa keuntungan bersih yang didapat selama satu bulan diestimasikan sebesar **Rp. 63.285.591.863,60**

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan percobaan dan penelitian maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Daya listrik yang dihasilkan oleh *Floating Power Plant* adalah 1 MWh dengan panel surya berjumlah 3125, baterai berjumlah 4 buah, 2 *inverter*, dan 1 *controller*
2. Ukuran Utama kapal pembangkit listrik, yaitu:
 - L (Panjang) = 177 m
 - B (Lebar) = 45 m
 - H (Tinggi) = 12.3 m
 - T (Sarat) = 9 m
3. Gambar *Lines Plan* dan *General Arrangement* telah memenuhi aspek yang ada dalam perencanaan kapal, dan sesuai dengan peraturan yang ada, hasil dapat dilihat pada Lampiran
4. 3D Model serta sistem tambatnya telah memenuhi aspek yang ada dalam perencanaan kapal, dan sesuai dengan peraturan yang ada, hasil dapat dilihat pada Lampiran.
5. *Building Cost* untuk pembangunan *Floating Power Plant* adalah **Rp 37,528,464,091.24**

VI.2. Saran

1. Perlunya pengkajian lanjutan tentang pembangkit listrik dengan tenaga panel surya, secara ekonomis dan operasional.
2. Perlunya dilakukan analisa lanjutan mengenai detail konstruksi
3. Perlunya dilakukan analisa lanjutan mengenai *mooring system*.
4. Tata letak dari beberapa peralatan pendukung pembangkit listrik masih menggunakan estimasi.
5. Perhitungan berat kapal pembangkit listrik masih menggunakan perhitungan pendekatan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- ABS. (2009). Rules For Building And Classing Stell Barge. In ABS. ABS.
- Arfianto Purbolaksono, A. N. (2015, April). *The Indonesian Institut*. Diambil kembali dari The Indonesian Institut Web Site: <https://www.theindonesianinstitute.com/wp-content/uploads/2015/04/Update-Indonesia-Volume-XI-No-05-April-2015-Bahasa-Indonesia.pdf>
- Barras, D. B. (2004). Ship Design an Performance for Masters and Mates, The Geosim Procedure . In *Ship Design an Performance for Masters and Mates, The Geosim Procedure* . Oxford: Elsevier.
- BMKG. (2018, April). *Prakiraan Tinggi Gelombang dan Potensi Hujan 24-jam*. Retrieved from BMKG Web Site: <http://maritim.bmkg.go.id/?fromURL=www.bmkg.go.id>
- Devara, B. T. (2017). DESAIN KAPAL PEMBANGKIT LISTRIK MENGGUNAKAN TENAGA GELOMBANG AIR LAUT UNTUK DAERAH PAPUA. *Jurnal Teknik ITS*, 1-5.
- Dzulfikar, D., & Broto, W. (2016). Optimalisasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016*, 73-76.
- Hasan, H. (2012). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Saugi. *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRTK)*, 169-180.
- Indonesia, K. E. (2016). Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2016-2025. In *Tahapan terakhir dalam penelitian ini adalah penarikan kesimpulan dan saran*. (pp. 474-481). Tahapan terakhir dalam penelitian ini adalah penarikan kesimpulan dan saran.
- Indonesia, M. (2017, Oktober 27). *Mengejar Elektrifikasi 96%*. Retrieved from MetroTV News Web Site: <http://ekonomi.metrotvnews.com/energi/VNnJxZvN-mengejar-rasio-elektrifikasi-96>
- Indonesia, P. R. (2008). *Undang-undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2008 Tentang Pelayar*. Kementrian Luar Negeri.
- Indonesia, T. C. (n.d.). Buku Panduan Energi Yang Terbarukan. In K. D. Negeri, *Buku Panduan Energi Yang Terbarukan* (pp. 19-22). Kementrian Dalam Negeri.
- International Maritime Organization (IMO). (2012, April 12). *Titanic Remembered by IMO Secretary-General*. Retrieved May 4, 2012, from IMO web site: <http://www.imo.org>
- International Maritime Organization (IMO). (Consolidated Edition 2009). *International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as amended (SOLAS 1974)*. London: IMO Publishing.
- Jaelani, M. R. (2016). Desain Dreger Berbasis Jalur Sungai Pada Program "Tol Sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL) - Tanjung Priok". In *Tahap awal dalam proses desain dimana tahapan ini memiliki peranan untuk* (pp. 45-48). Tugas Akhir Departemen Teknik Perkapalan ITS.
- PERTAMINA. (2007). Estimasi Harga Pembangunan Kapal Baru. In *Estimasi Harga Pembangunan Kapal Baru*. Jakarta: PERTAMINA.
- Pratiwi, N. A. (2015, Agustus 29). *Electrical Power Engineering*. Retrieved from Blogshot: <http://teknik-tenaga-listrik.blogspot.co.id/2015/08/pembangkit-energi-listrik.html>

- Rif'an, M., HP, S., Shidiq, M., Yuwono, R., Suryono, H., & S., d. F. (2012). Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya. *Jurnal EECCIS Vol. 6* , 44-48.
- Saputro, L. H. (2016). Desain Barge Pembangkit Listrik Tenaga Konversi Panas air Laut Untuk Wilayah Kepulauan Talaud, Sulawesi Utara. In *Desain barge pembangkit listrik tenaga konversi panas air laut untuk wilayah kepualau talaud* (pp. 16-18). Tugas Akhir Departemen Teknik Perkapalan ITS.
- Sirait, S. (2013, April). *Penegrtian Panel Surya, Penggunaannya, serta Kelemahan dan Keunggulan*. Retrieved from Simonsirait Blogspot: <http://simonsirait.blogspot.co.id/2013/04/pengertian-panel-suryapenggunaannyasert.html>
- Sjahrir, A. (1993, Maret 22). Prospek Ekonomi Indonesia. *Jawa Pos*. Surabaya.
- Suriadi, & Syukri, M. (2010). Perencanaa Pembnagkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Komplek Perumahan di Banda Aceh. *Jurnal Rekayasa Elektrika Vol. 9*, 77-80.
- Syafjon, I. L. (2010). *The Power Is In Our Hand*. Retrieved from Magatrika UGM Wordpress: <https://ugmmagatrika.wordpress.com/2014/01/07/inverter-dc-ac-sebagai-optimasi-pemanfaatan-pembangkit-listrik-tenaga-surya/>
- Taggart, R. (1980). *Ship Design and Construction*. New York: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design* (Vol. 1). (R. Bhattacharyya, Ed.) Oxford: Elsevier.
- Watson, D. (1998). Practical Ship Design. In *Practical Ship Design*.
- Wicaksono, P. E. (2017, October 4). *Liputan 6*. Retrieved from Liputan6.com: <http://bisnis.liputan6.com/read/3117869/179-desa-di-maluku-dan-malut-bakal-nikmati-listrik-tahun-ini>
- Wikipedia. (2016, Oktober 14). *Wikipedia Enslikopedia Bebas; Arus Listrik*. Retrieved from Wikipedia Web Site: https://id.wikipedia.org/wiki/Arus_listrik
- Wikipedia. (2017, July 21). *Maluku Utara*. Retrieved from Maluku Utara Web Site: https://id.wikipedia.org/wiki/Maluku_Utara
- Wikipedia. (2017, Desember 29). *Wikipedia Ensiklopedia Bebas; Panel Surya*. Retrieved from Wikipedia Web Site: https://id.wikipedia.org/wiki/Panel_surya
- Wikipedia. (2018, Januari 15). *Wikipedia Enslikopedia Bebas: Listrik*. Retrieved from Wikipedia Web Site: <https://id.wikipedia.org/wiki/Listrik>
- Wikipedia. (2018, April 1). *Wikipedia Enslikopedia Bebas; Tongkang*. Retrieved from Wikipedia Web Site: <https://id.wikipedia.org/wiki/Tongkang>

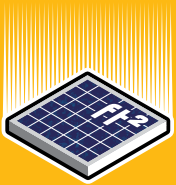
LAMPIRAN A
DATA PENDUKUNG

HIGH PERFORMANCE SOLAR PANELS

REC PEAK ENERGY 72 SERIES

REC Peak Energy 72 Series panels are ideal for building large-scale commercial and utility projects while reducing balance of system costs.

REC combines leading standards of design and manufacturing to produce long lasting and high performance solar panels with reliable power output.



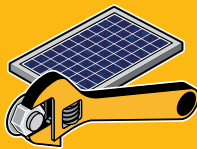
**MORE POWER
PER FT²**



**US IMPORT DUTY
FREE**

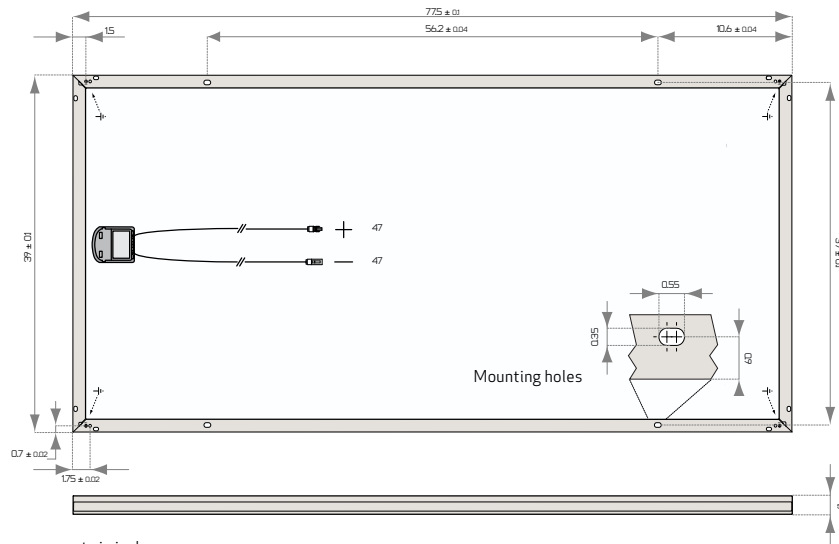


**100%
PID FREE**



**REDUCED BALANCE OF
SYSTEM COSTS**

REC PEAK ENERGY 72 SERIES



All measurements in inches

ELECTRICAL DATA @ STC	REC300PE72	REC305PE72	REC310PE72	REC315PE72	REC320PE72
Nominal Power - P_{MPP} (Wp)	300	305	310	315	320
Watt Class Sorting - (W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Nominal Power Voltage - V_{MPP} (V)	36.5	36.9	37.2	37.5	37.9
Nominal Power Current - I_{MPP} (A)	8.22	8.27	8.34	8.40	8.45
Open Circuit Voltage - V_{OC} (V)	44.9	45.2	45.5	45.8	46.1
Short Circuit Current - I_{SC} (A)	8.76	8.82	8.88	8.93	8.99
Panel Efficiency (%)	15.4	15.6	15.9	16.2	16.4

Measurement tolerance of $\pm 3\%$ from nominal values; values at standard test conditions STC (airmass AM1.5, irradiance 1000 W/m², 25°C cell temperature). At low irradiance of 200 W/m² (AM 1.5 and cell temperature 25°C) at least 95.5% of the STC module efficiency will be achieved.

ELECTRICAL DATA @ NOCT	REC300PE72	REC305PE72	REC310PE72	REC315PE72	REC320PE72
Nominal Power - P_{MPP} (Wp)	217	221	225	229	232
Nominal Power Voltage - V_{MPP} (V)	29.9	30.1	30.4	30.6	30.8
Nominal Power Current - I_{MPP} (A)	7.27	7.34	7.41	7.48	7.54
Open Circuit Voltage - V_{OC} (V)	36.9	37.2	37.4	37.6	37.9
Short Circuit Current - I_{SC} (A)	7.67	7.72	7.77	7.83	7.88

Nominal cell operating temperature NOCT (800 W/m², AM 1.5, windspeed 1 m/s, ambient temperature 20°C).

CERTIFICATION



Certified according to UL 1703, CEC listed
 Certified according to IEC 61215 & IEC 61730;
 IEC 61701 Salt Mist Corrosion Resistance &
 IEC 62716 Ammonia Corrosion Resistance

WARRANTY

10 year product warranty.
 25 year linear power output warranty
 (max. degradation in performance of 0.7% p.a.).

16.2%	EFFICIENCY
10	YEAR PRODUCT WARRANTY
25	YEAR LINEAR POWER OUTPUT WARRANTY
DUTY-FREE	US IMPORT DUTY FREE

TEMPERATURE RATINGS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	46.6°C ($\pm 2^\circ\text{C}$)
Temperature Coefficient of P_{MPP}	-0.4 %/ $^\circ\text{C}$
Temperature Coefficient of V_{OC}	-0.27 %/ $^\circ\text{C}$
Temperature Coefficient of I_{SC}	0.013 %/ $^\circ\text{C}$

GENERAL DATA

Cell Type:	72 multicrystalline
	3 strings of 24 cells with bypass diodes
Glass:	0.16" solar glass with anti-reflection surface treatment
Back Sheet:	Double layer highly resistant polyester
Frame:	Anodized aluminum (silver)
Junction Box:	IP67 rated
	4 mm ² solar cable, 47" + 47"
Connectors:	MC4 connectable (4 mm ²)

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature:	-40 ... +85°C
Maximum System Voltage:	1000 V
Design Load:	75.2 lbs/ft ² (3600 Pa)* 33.4 lbs/ft ² (1600 Pa)*
	*Refer to installation manual
Max Series Fuse Rating:	20 A
Max Reverse Current:	20 A

MECHANICAL DATA

Dimensions:	77.5 x 39 x 1.7 in
Area:	21 ft ²
Weight:	59.5 lbs

Note! All specifications are subject to change without notice at any time.

Celebrating its 20th anniversary in 2016, REC is a leading European brand of solar panels. Through integrated manufacturing from polysilicon to wafers, cells, panels and turnkey solar solutions, REC strives to help meet the world's growing energy needs. Founded in 1996, REC is a Bluestar Elkem company with headquarters in Norway and operational headquarters in Singapore. REC concluded 2015 with 2,000 employees worldwide, 1.3 GW solar panel production capacity, and annual revenues of USD 755 million.



www.recgroup.com

ABB megawatt station PVS800-MWS 1 to 1.25 MW



The ABB megawatt station is a turnkey solution designed for large-scale solar power generation. It houses all the electrical equipment that is needed to rapidly connect a photovoltaic (PV) power plant to a medium voltage (MV) electricity grid. All the components within the megawatt station are from ABB's product portfolio.

Turnkey-solution for PV power plants

The ABB megawatt station design capitalizes on ABB's long experience in developing and manufacturing secondary substations for utilities and major end-users worldwide in conventional power transmission installations.

A station houses two ABB central inverters, an optimized transformer, MV switchgear, a monitoring system and DC connections from solar array. The station is used to connect a PV power plant to a MV electricity grid,

easily and rapidly. To meet the PV power plant's demanded capacity, several ABB megawatt stations can be combined.

Compact design eases transportation

The steel-framed insulated container comes complete with a concrete foundation. A thermally insulated inverter compartment enables operation in harsh temperature and humidity environments and is designed for at least 25 years of operation.

The hollow concrete foundation has a double floor within the inverter compartment. This provides easy access for cabling. Additionally the small inverter footprint makes the container compact and easy to lift via a standard crane, thereby simplifying transportation.

The complete ABB megawatt station weighs only 20 tons. At 50 m³, the container's volume is some 15 percent smaller than equivalent solutions.

Highlights

- Proven technology and reliable components
- Compact and robust design
- High total efficiency
- Modular and serviceable system
- Double-stage air pre-filtering for reduced maintenance
- Global life cycle services and support

ABB megawatt station

Solar inverters

ABB solar inverters are the result of decades of industry experience and the use of proven frequency converter technology. As such the solar inverters provide a highly efficient and cost-effective way to convert the direct current, generated by solar modules, into high-quality and CO₂-free alternating current. Two ABB central inverters are used in the ABB megawatt station. The inverters provide high efficiency conversion with low auxiliary power consumption.

Transformer

The ABB megawatt station features an ABB vacuum cast coil dry-type transformer. The transformer is designed to meet the reliability, durability, and efficiency required in PV applications. It is specifically designed and optimized for ABB solar inverters to provide the best performance throughout the lifetime of the plant.

The transformer is environmentally safe, having no volatile liquids that can leak, and it carries no fire or explosion risk. It provides excellent mechanical and short-circuit characteristics.

As a major global transformer manufacturer, ABB offers a wide range of liquid-filled and dry-type transformers. Alternate power transformers are available to meet customer requirements. All ABB's transformers are manufactured in accordance with the most demanding industry and international standards.

Switchgear

ABB offers a complete range of medium voltage switchgear for secondary distribution, including air-insulated and gas-insulated switchgear.

The ABB megawatt station is equipped, as standard, with the widely proven ABB SafeRing, SF6-insulated switchgear.

A sealed steel tank with constant atmospheric conditions ensures a high level of reliability as well as personnel safety. The virtually maintenance-free system comes in a compact and flexible design that allows for a versatile switchgear configuration. As an option ABB's gas-insulated SafePlus and air-insulated Unisec switchgear are also available.



Technical data and types

Type code	PVS800-MWS-1000kW-20	PVS800-MWS-1250kW-20
	1 MW	1.25 MW
Input (DC)		
Maximum input power ($P_{PV,max}$)	2 × 600 kW	2 × 760 kW
DC voltage range, mpp ($U_{DC, mpp}$)	450 to 825 V	525 to 825 V
Maximum DC voltage ($U_{DC, max}$) ¹⁾	1100 V	1100 V
Maximum DC current ($I_{DC, max}$)	2 × 1145 A	2 × 1230 A
Voltage ripple, PV voltage (U_{PV})	< 3%	< 3%
Number of protected DC inputs (parallel)	2 × 8 (+/-)	2 × 8 (+/-)
Number of mppt trackers	2	2
Output (AC)		
Nominal AC output power ($P_{AC, N}$)	1000 kW	1250 kW
Nominal AC current ($I_{AC, N}$)	28.9 A	36.1 A
Nominal output voltage ($U_{AC, N}$) ²⁾	20 kV	20 kV
Output frequency	50/60 Hz	50/60 Hz
Harmonic distortion, current ³⁾	< 3%	< 3%
Power factor compensation (cosφ)	Yes	Yes
Inverter type (2 x ABB central inverters)	PVS800-57-0500kW-A	PVS800-57-0630kW-B
Transformer type ⁴⁾	ABB Vacuum cast coil dry-type	
Medium voltage switchgear type ⁵⁾	ABB SafeRing type DeV with REJ603 protection relay (self-powered)	
Efficiency		
Maximum ⁶⁾ (including transformer)	97.8%	97.8%
Euro-eta ⁶⁾ (including transformer)	97.1%	97.3%

¹⁾ If DC voltage is > 1000 V, the inverter will not be damaged, but will not start

²⁾ Voltages between 6 and 24 kV available as an option

³⁾ At nominal power

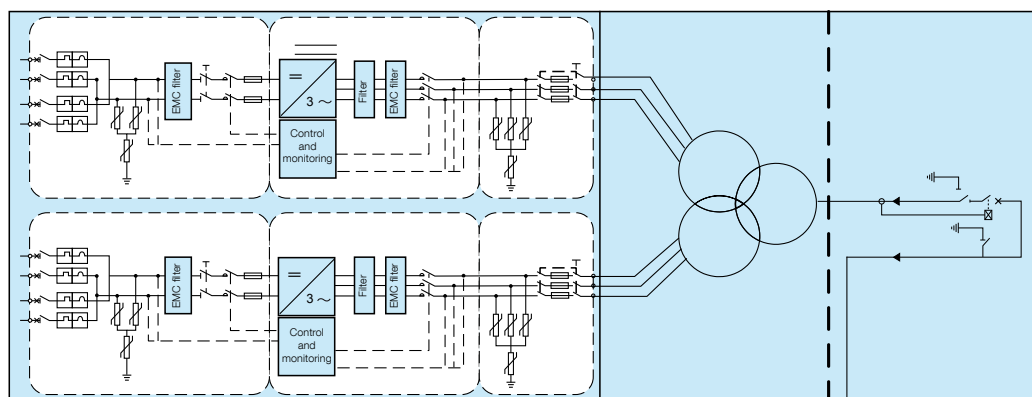
⁴⁾ Other ABB transformer types available as an option

⁵⁾ Other ABB switchgear types available as an option

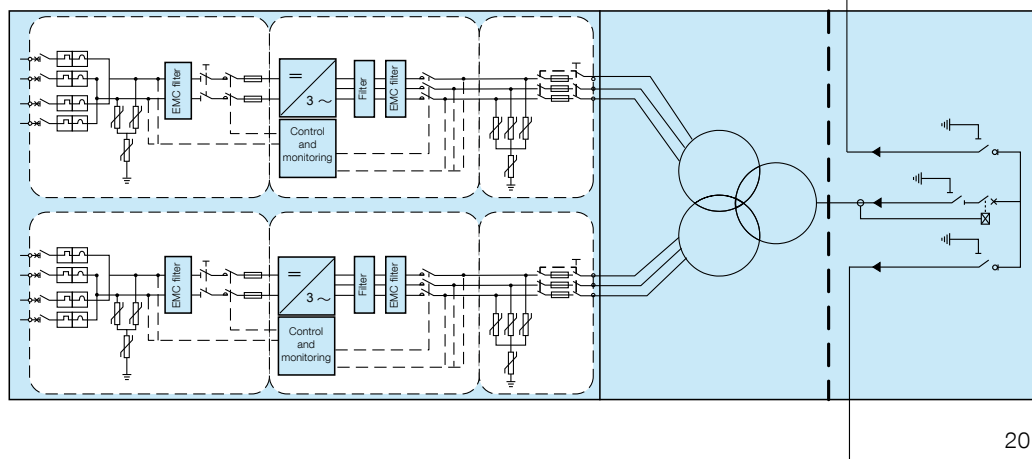
⁶⁾ Efficiency without auxiliary power consumption, at lowest DC voltage

⁷⁾ Without options and heating

1: PVS800-MWS



2: PVS800-MWS



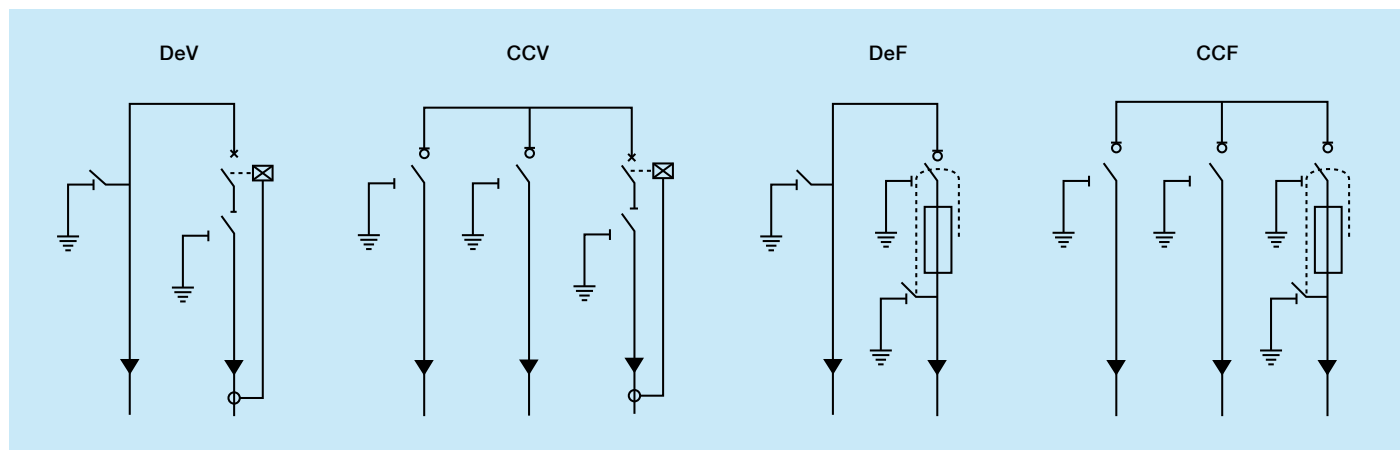
Type code	PVS800-MWS-1000kW-20	PVS800-MWS-1250kW-20
	1 MW	1.25 MW
Power consumption		
Own consumption in operation ⁷⁾	< 1200 W	< 1200 W
Standby operation consumption ⁷⁾	< 140 W	< 140 W
External auxiliary voltage	3 ~ 400 V/50 Hz	3 ~ 400 V/50 Hz
Dimensions and weight		
Width/Height/Depth, mm	W 6930/H 3070/D 2430	W 6930/H 3070/D 2430
Weight approx.	20 t	21 t
Environmental limits		
Degree of protection	IP54 (inverter section)/IP23d (transformer and switchgear section)	IP54 (inverter section)/IP23d (transformer and switchgear section)
Ambient temperature range (nominal ratings)	-20 to +40 °C	-20 to +40 °C
Maximum ambient temperature ⁸⁾	+50 °C	+50 °C
Relative humidity, non condensing	15 to 95%	15 to 95%
Maximum altitude (above sea level) ⁹⁾	2000 m	2000 m
Maximum cooling air flow	6720 m³/h	6720 m³/h
User interface and communications		
Local user interface	Inverter's control panel and PC interface through ABB Drive Window	
Fieldbus connectivity	Modbus, PROFIBUS, Ethernet	
Product compliance		
Conformity	IEC 62271-202 High-voltage/low-voltage prefabricated substation	
Certifications and approvals	BDEW	
Grid support	Reactive power compensation, Power reduction, Low voltage ride through	

⁸⁾ Power derating after 40 °C

⁹⁾ Power derating above 1000 m. Above 2000 m special requirements.



MV switchgear standard configurations for ABB megawatt station



Accessories

- Solar array junction boxes with string monitoring
- Remote monitoring solutions
- Warranty extensions
- Solar inverter care contracts

Options

- MV AC output voltages (6 to 24 kV)
- Different MV switchgear configurations
- Air-insulated MV switchgear
- Optional liquid-filled and dry-type transformers
- I/O extensions
- DC grounding (negative and positive)
- Fieldbus and Ethernet connections
- Auxiliary power supply from main power connections

Support and service

ABB supports its customers with a dedicated service network in more than 60 countries and provides a complete range of life cycle services from installation and commissioning to preventative maintenance, spare parts, repairs and recycling.

For more information please contact your local ABB representative or visit:

www.abb.com/solarinverters
www.abb.com

© Copyright 2015 ABB. All rights reserved.
 Specifications subject to change without notice.



Power and productivity
 for a better world™





Storage. A Watt smarter!

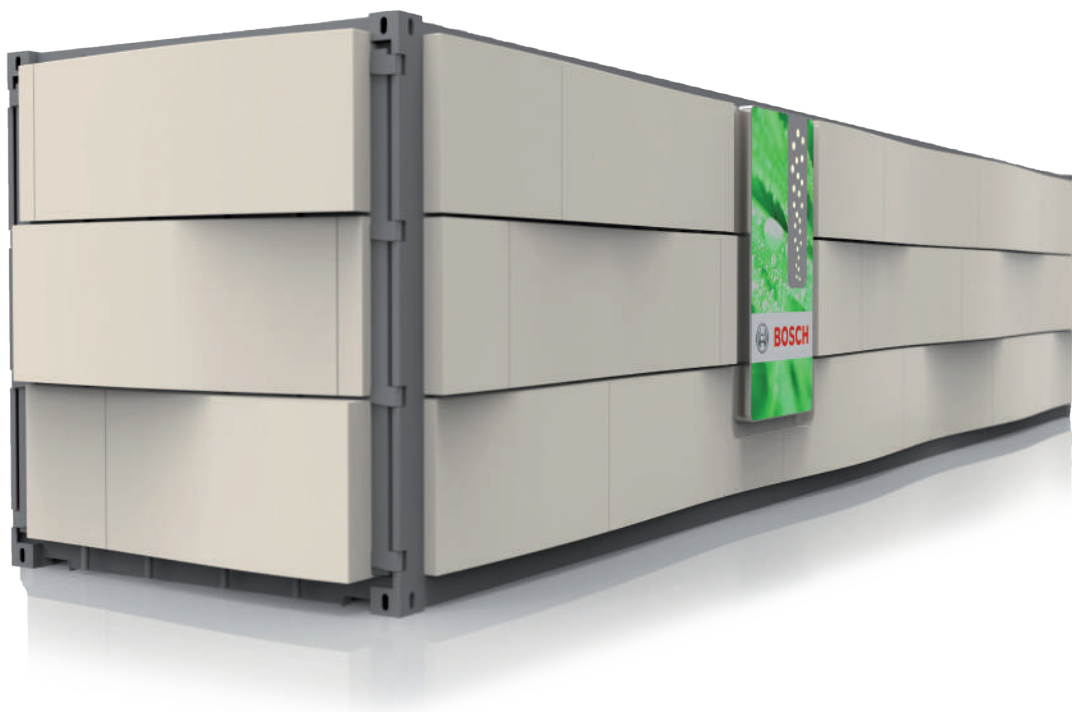


BOSCH

Invented for life

Power: Storage Solutions

Integration of renewable energy,
area regulation, reduction of grid congestion,
trade on energy markets, ancillary services



System feature	Benefits
Lithium ion battery	Proven-track record with high cycle life and safety
Scalable three phase AC coupled system	Applicable for utility and industrial customers, renewable operators
Cloud solutions	Data storage, monitoring and smart controls (e.g. Predictive-based methods)



Storage. A Watt smarter!



BOSCH

Invented for life

Power Storage Solution

Technical specifications



AC-Grid

Nominal voltage	Medium voltage
Number of phases	3
Frequency	50 Hz
Maximum output power	2 MVA; scalable to other powers

Battery

Main applications	Integration of renewable energy, area regulation, reduction of grid congestion, trade on energy markets, ancillary services
Installed AC capacity	2 MWh; scalable to other energies
Technology	Lithium ion
Expected cycle life	> 4500 cycles
Expected calendar life	> 10 years

Efficiency

Battery round-trip efficiency	95%
-------------------------------	-----

Ambient conditions

Ambient temperature range	0°C...40°C
Rel. Humidity (non condensing)	0...90%
Installation site	Outdoor
Altitude	Up to 1000 m

Safety

Enclosure	Installed in ISO shipping containers
Control features	Overtemperature, over/under voltage protection, interlock loops, alarms, fire suppression
Certificates	UL 1973 for batteries

External interfaces

Dimensions	45' shipping container: 14 m x 2.4 m x 2.9 m
Weight	Approx. 80000 kg
Connectivity	Internet, Modbus TCP/IP
Installation	Minimal due to pre-fabricated system, slide-in modular technique for batteries

Robert Bosch GmbH
Bosch Energy Storage
Solution LLC
Postfach 10 60 50
70049 Stuttgart
Deutschland

Bosch Energy Storage
Solution LLC
4005 Miranda Avenue
Palo Alto
California, 94304
USA

www.bosch.com
energy.storage@de.bosch.com

PV Box RT



Product at a glance

The PV Box is a containerized plug and play power conversion system adapted to customer requirements and local standards. In a PV plant installation, it operates between DC field and AC MV grid connection point. The PV Box performs the DC power concentration, the DC/AC conversion, and the AC voltage elevation to the grid voltage level. The PV Box protects maintenance staff and the installation against electrical faults, such as short-circuit and lightning. The optimized versions of the PV Box reduce the balance-of-systems costs, increase reliability, and improve construction lead times.

True bankability

- Warranty from a trusted partner with 180 years of experience
- World leader in industrial power drives, UPS and electrical distribution
- Strong service infrastructure worldwide to support your global needs

Higher return on investment

- Compressed construction lead-times through factory integrated solution
- Reduced transportation, off-loading and on-site labor costs
- Enhanced uptime thanks to qualified and reliable designs

Designed for reliability

- Industrialized solution according to Schneider Electric proven industrial processes
- Equipment and integration made in Schneider Electric factories
- Configurable to withstand severe weather conditions: continental, tropical and desertic environments
- Undergone extensive safety, quality and reliability risk mitigation
- Proven robust design through rigorous Custom Reliability Testing
- Type-tested solution according to IEC-62271-202 including Arc Flash Testing (IAC-A)

Flexible

- Vast choice of power and AC medium voltage levels
- Suitable for most environmental conditions and local standards
- Configurable to be optimized for specific project needs

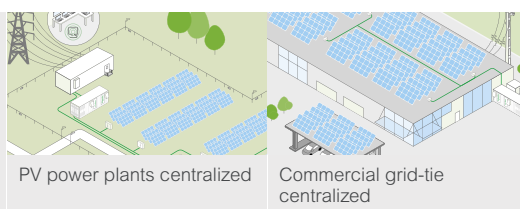
Easy to service

- Fully monitored solution
- Convenient and safe enclosure design for maintenance purposes
- Local Schneider Electric service and maintenance available in 100+ countries

Easy to install

- Ease in transportation due to its compact and light design (minimized width, height and length for easy shipping by road)
- Solution delivered pre-assembled, configured and tested to reduce on-site labor and project duration
- Integrated concrete basement requiring minimal civil works at site

Product applications



Device short name	PV Box RT 1080	PV Box RT 1260	PV Box RT 1360
Electrical specifications			
DC Input			
Voltage range, MPPT	440 - 800 V (at PF=1)	510 - 800 V (at PF=1)	550 - 800 V (at PF=1)
Max. input voltage, open circuit	1000 V	1000 V	1000 V
Max. DC current	2 x 1280 A	2 x 1280 A	2 x 1280 A
AC output			
Nominal power	1080 kVA	1260 kVA	1360 kVA
Nominal voltage	up to 36 kV	up to 36 kV	up to 36 kV
Frequency	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Power factor range (PQ dispatch)	0 to 1 leading and lagging	0 to 1 leading and lagging	0 to 1 leading and lagging
Equipment			
Inverters	2 x XC 540	2 x XC 630	2 x XC 680
DC connection	2 x DC Box 6 input or 2 x DC Box 10 input (+/-)		
DC fuse range [®]	DC Box 6: 315 A, 350 A, 400 A / DC Box 10: 160 A, 200 A, 250 A		
Transformer type	Schneider Electric Minera oil type ONAN		
Transformer losses	C0Bk (according to EN 50464-1) or compliant with Ecodesign regulation (depending on geographies)		
Medium voltage switchgear U ≤ 24 kV	Schneider Electric RM6 ring main unit type NE-DI with Sepam 10 protection relay		
Medium voltage switchgear 24 kV ≤ U ≤ 36 kV	Schneider Electric Flusarc ring main unit type CB-C with Sepam 10 protection relay		
Optional content			
Automatic progressive reconnection [®]	MV circuit breaker motorization, configurable timer		
Auxiliary power transformer	10 kVA / 400 V		
DC input measurement	DC Box monitored		
Monitoring and control	Conext Control™ monitoring cabinet with secured power supply		
Safety kit	Fire-extinguisher, insulated MV rod and gloves, insulating stool		
Service kit	Contacts on doors and smoke detector (available with Conext Control option)		
Service contract	Worldwide service team - consult your sales representative for service offer		
External operating conditions			
Temperature			
Standard temperature range	-10°C / +40°C(3)		
Other temperature ranges	Continental (-20°C / +45°C), Desert / Tropical (-10°C / +50°C), Very cold (-35°C / + 45°C)		
Pollution			
Standard low polluted environment (Rural and suburban environment)	G4 filters		
Option polluted environment (desert, urban...)®	External filter box (G4 and F9 filters, fans, speed drives)		
Other conditions			
Max. relative humidity	100%		
Max. altitude above sea level [®]	2000 m		
Max. wind speed	123 km / h		
Max. snow load	250 kg / m²		
IP grade LV / MV compartment	IP44 / IP54		
IP grade transformer compartment	IP23		
General specifications			
Dimensions and weight			
During transportation (H x W x D)	3.10 x 2.50 x 8.90 (or 9.70 [®]) m		
Assembled on site (H x W x D)	2.65 x 3.15 x 8.90 (or 9.70 [®]) m		
Weight approx. with standard content	24 tons		
Material			
Basement	Concrete basement included		
Walls and roof	Sandwich panel with mineral wool (50 mm) EI 30 minutes		
Cooling			
LV and MV switchboard compartment [™]	Ensured by inverter fans		
Transformer compartment	Natural		
Regulatory approval			
Electrical standards	IEC 62271-202, IEC 61439, IEC 62271-200, IEC 60076		
Type-test certification	IEC 62271-202		
Internal arc classification (acc. to IEC 62271-202)	IAC-A		
General ventilation filters standard	EN779:2012		
Building standards	Eurocodes		

Specifications are subject to change without notice.

[®]Fuses may be ordered separately. [™]To avoid simultaneous reconnection of every PV Boxes and for automatic opening and reclosing on grid voltage loss (grid requirement). [®]Derating: See Conext Core XC inverter application note. [®]For dust or sand (IEC 60721-2-5 (\$4.2.4)) size<150 µm and concentration<2 mg / m³. [®]Power derating above 1000 m. Above 2000 m special requirements.

[®]In case of filter box option. [®]Extra fans in filter box only for polluted environment.

Schneider Electric Industries SAS
Head Office
35 rue Joseph Monier
92500 Rueil Malmaison Cedex- France
Tel.: +33 (0)1 41 29 70 00
solar.schneider-electric.com

Life Is On

Schneider
Electric

PV Box RT



Product at a glance

The PV Box is a containerized plug and play power conversion system adapted to customer requirements and local standards. In a PV plant installation, it operates between DC field and AC MV grid connection point. The PV Box performs the DC power concentration, the DC/AC conversion, and the AC voltage elevation to the grid voltage level. The PV Box protects maintenance staff and the installation against electrical faults, such as short-circuit and lightning. The optimized versions of the PV Box reduce the balance-of-systems costs, increase reliability, and improve construction lead times.

True bankability

- Warranty from a trusted partner with 180 years of experience
- World leader in industrial power drives, UPS and electrical distribution
- Strong service infrastructure worldwide to support your global needs

Higher return on investment

- Compressed construction lead-times through factory integrated solution
- Reduced transportation, off-loading and on-site labor costs
- Enhanced uptime thanks to qualified and reliable designs

Designed for reliability

- Industrialized solution according to Schneider Electric proven industrial processes
- Equipment and integration made in Schneider Electric factories
- Configurable to withstand severe weather conditions: continental, tropical and desertic environments
- Undergone extensive safety, quality and reliability risk mitigation
- Proven robust design through rigorous Custom Reliability Testing
- Type-tested solution according to IEC-62271-202 including Arc Flash Testing (IAC-A)

Flexible

- Vast choice of power and AC medium voltage levels
- Suitable for most environmental conditions and local standards
- Configurable to be optimized for specific project needs

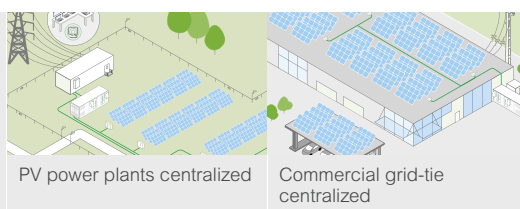
Easy to service

- Fully monitored solution
- Convenient and safe enclosure design for maintenance purposes
- Local Schneider Electric service and maintenance available in 100+ countries

Easy to install

- Ease in transportation due to its compact and light design (minimized width, height and length for easy shipping by road)
- Solution delivered pre-assembled, configured and tested to reduce on-site labor and project duration
- Integrated concrete basement requiring minimal civil works at site

Product applications



Device short name	PV Box RT 1080	PV Box RT 1260	PV Box RT 1360
Electrical specifications			
DC Input			
Voltage range, MPPT	440 - 800 V (at PF=1)	510 - 800 V (at PF=1)	550 - 800 V (at PF=1)
Max. input voltage, open circuit	1000 V	1000 V	1000 V
Max. DC current	2 x 1280 A	2 x 1280 A	2 x 1280 A
AC output			
Nominal power	1080 kVA	1260 kVA	1360 kVA
Nominal voltage	up to 36 kV	up to 36 kV	up to 36 kV
Frequency	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Power factor range (PQ dispatch)	0 to 1 leading and lagging	0 to 1 leading and lagging	0 to 1 leading and lagging
Equipment			
Inverters	2 x XC 540	2 x XC 630	2 x XC 680
DC connection	2 x DC Box 6 input or 2 x DC Box 10 input (+/-)		
DC fuse range [®]	DC Box 6: 315 A, 350 A, 400 A / DC Box 10: 160 A, 200 A, 250 A		
Transformer type	Schneider Electric Minera oil type ONAN		
Transformer losses	C0Bk (according to EN 50464-1) or compliant with Ecodesign regulation (depending on geographies)		
Medium voltage switchgear U ≤ 24 kV	Schneider Electric RM6 ring main unit type NE-DI with Sepam 10 protection relay		
Medium voltage switchgear 24 kV ≤ U ≤ 36 kV	Schneider Electric Flusarc ring main unit type CB-C with Sepam 10 protection relay		
Optional content			
Automatic progressive reconnection [®]	MV circuit breaker motorization, configurable timer		
Auxiliary power transformer	10 kVA / 400 V		
DC input measurement	DC Box monitored		
Monitoring and control	Conext Control™ monitoring cabinet with secured power supply		
Safety kit	Fire-extinguisher, insulated MV rod and gloves, insulating stool		
Service kit	Contacts on doors and smoke detector (available with Conext Control option)		
Service contract	Worldwide service team - consult your sales representative for service offer		
External operating conditions			
Temperature			
Standard temperature range	-10°C / +40°C(3)		
Other temperature ranges	Continental (-20°C / +45°C), Desert / Tropical (-10°C / +50°C), Very cold (-35°C / + 45°C)		
Pollution			
Standard low polluted environment (Rural and suburban environment)	G4 filters		
Option polluted environment (desert, urban...) [®]	External filter box (G4 and F9 filters, fans, speed drives)		
Other conditions			
Max. relative humidity	100%		
Max. altitude above sea level [®]	2000 m		
Max. wind speed	123 km / h		
Max. snow load	250 kg / m²		
IP grade LV / MV compartment	IP44 / IP54		
IP grade transformer compartment	IP23		
General specifications			
Dimensions and weight			
During transportation (H x W x D)	3.10 x 2.50 x 8.90 (or 9.70 [®]) m		
Assembled on site (H x W x D)	2.65 x 3.15 x 8.90 (or 9.70 [®]) m		
Weight approx. with standard content	24 tons		
Material			
Basement	Concrete basement included		
Walls and roof	Sandwich panel with mineral wool (50 mm) EI 30 minutes		
Cooling			
LV and MV switchboard compartment [®]	Ensured by inverter fans		
Transformer compartment	Natural		
Regulatory approval			
Electrical standards	IEC 62271-202, IEC 61439, IEC 62271-200, IEC 60076		
Type-test certification	IEC 62271-202		
Internal arc classification (acc. to IEC 62271-202)	IAC-A		
General ventilation filters standard	EN779:2012		
Building standards	Eurocodes		

Specifications are subject to change without notice.

[®]Fuses may be ordered separately. [®]To avoid simultaneous reconnection of every PV Boxes and for automatic opening and reclosing on grid voltage loss (grid requirement). [®]Derating: See Conext Core XC inverter application note. [®]For dust or sand (IEC 60721-2-5 (\$4.2.4)) size<150 µm and concentration<2 mg / m³. [®]Power derating above 1000 m. Above 2000 m special requirements.

[®]In case of filter box option. [®]Extra fans in filter box only for polluted environment.

Schneider Electric Industries SAS
Head Office
35 rue Joseph Monier
92500 Rueil Malmaison Cedex- France
Tel.: +33 (0)1 41 29 70 00
solar.schneider-electric.com

Life Is On

Schneider
Electric

LAMPIRAN B
PERHITUNGAN TEKNIS DESAIN *FLOATING POWER PLANT*

PERHITUNGAN KOEFISIEN

Input Data :

$L_o =$	177,00	m	$F_n =$	0,080
$B_o =$	45,00	m	$V_s =$	6,5 knot
$H_o =$	12,30	m	$=$	3,344 m/s
$T_o =$	9,00	m	$\rho =$	1,025 ton/m ³

Perhitungan :

• Lwl

$$L_{wl} = L_{pp} = L_{oa}$$

$$= 177,0 \text{ m} \quad (\text{Karena kapal tipe pontoon dan berbentuk kotak})$$

• Froude Number (F_n)

$$F_n = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L}}$$

$$= 0,080$$

$L = L_{pp} \quad g = 9,81 \text{ m/s}^2$
(Disini kapal posisinya tidak berlayar melainkan diam ditempat/ fixed)
(Principles of Naval Architecture Vol.2 hlm.54)

• Perhitungan ratio ukuran utama kapal :

(Principle of Naval Architecture Vol.1 hlm.19)

Ratio	Ketentuan	Nilai	Status
L/B_o	$5 \leq L/B_o \leq 10$	3,93	Memenuhi
B_o/T_o	$1,8 \leq B_o/T_o \leq 5$	5,00	Memenuhi
L_o/T_o	$10 \leq L_o/T_o \leq 30$	19,67	Memenuhi

(Practical Ship design hlm.71)

ratio $T/H = 0,7-0,8$
$T/H =$ 0,7317
status: memenuhi

• Block Coefficient (C_b) :

$$C_b = \text{Volume kapal} / L \cdot B \cdot T$$

$$= 0,877 \quad 71176,32 \quad (\text{Principle of Naval Architecture Vol.1 hlm.18})$$

• Midship Section Coefficient (C_m)

$$C_m = \text{Immersed area of midship section} / B \cdot T$$

$$= 1,000 \quad 405 \quad (\text{Principle of Naval Architecture Vol.1 hlm.18})$$

• Prismatic Coefficient (C_p)

$$C_p = C_b / C_m$$

$$= 0,877 \quad (\text{Principle of Naval Architecture Vol.1 hlm.19})$$

• Waterplan Coefficient (C_{wp})

$$C_{wp} = A_{wp} / L \cdot B$$

$$= 0,988 \quad 7867,41 \quad (\text{Principle of Naval Architecture Vol.1 hlm.19})$$

• Longitudinal Center of Bouyancy (LCB)

$$LCB = [(-13,5) + 19,4 \cdot C_p] \% L_{pp}$$

$$= 3,5138 \% L_{pp} \quad (\text{Parametric design halaman 11-19})$$

$$LCB \text{ dari Midship : } (LCB \% / 100) \cdot L_{pp} = 6,2194 \text{ m dari Midship}$$

$$LCB \text{ dari AP : } 0,5 \cdot L_{pp} + LCB_n = 94,7 \text{ m dari AP}$$

$$LCB \text{ dari FP : } L_{pp} - LCB \text{ dari } = 82,28 \text{ m dari FP}$$

• ∇ (m³)

$$\nabla = L \cdot B \cdot T \cdot C_b$$

$$= 62.923,50 \text{ m}^3 \quad L = L_{pp}$$

• Δ (ton)

$$\Delta = L \cdot B \cdot T \cdot C_b \cdot \gamma$$

$$= 64.496,59 \text{ ton} \quad L = L_{pp}$$

PERHITUNGAN LAMBUNG TIMBUL							
Kapal <i>Floating Power Plant</i> merupakan kapal dengan panjang 177 m. Sehingga untuk menghitung lambung timbul menggunakan ketentuan <i>Internasional Convention on Load Lines (ICLL)</i> 1966.							
Input Data							
H	=	12,30	m	\bar{N}	=	62923,50	m ²
d	=	0,85 · H		B ₁	=	45,00	m
	=	10,455	m	C _z	=	$\nabla / (L \cdot B \cdot d)$	
L	=	Lwl					
	=	177	m		=	0,7556	
L	=	177	m		=	0,877	
1. Tipe Kapal							
(ICLL) <i>International Convention on Load Lines - Chapter 3, Regulation 27</i> menyebutkan bahwa Kapal Tipe A adalah :							
a. Kapal yang didesain untuk mengangkut kargo curah cair							
b. Kapal yang memiliki kekokohan tinggi pada geladak terbuka.							
c. Kapal yang memiliki tingkat permeabilitas rendah pada ruang muat							
Kapal Tipe B adalah selain kapal Tipe A.							
Sehingga kapal <i>Floating Power Plant</i> termasuk kapal Tipe A							
2. Lambung Timbul (ICLL Chapter 3, Reg. 28, Freeboard Table for Type A Ships)							
Fb ₁	=	2357	mm	Untuk kapal dengan L = 177 m			
Fb ₁	=	235,7	cm				
	=	2,357	m				

Koreksi							
1. Koefisien Block							
C_B	=	$C_b + 0.68$					
		1,36					
	=	1,1448529					
2. Depth (D)							
$L/15$	=	11,8					
D	=	12,30	m				
jika, $D > L/15$; maka koreksi							
jika, $D > L/15$; lambung timbul standar ditambah dengan $R(D - (L/15))$ cm							
dimana $R = (L/0.48)$							
D	>	$L/15$	maka,		R =	368,75	
Koreksi	=	$R(D - (L/15))$					
	=	184,375	mm	=	0,1844	m	
Fb2	=	2,5414	m				
Sehingga, koreksi pengurangan lambung timbul bangunan atas					=	0,000	m
tidak perlu koreksi karena <i>superstructures</i> nya terbuka bukan tertutup							
Total Lambung Timbul							
F_b'	=	Fb2 - Koreksi lambung timbul kapal diatas 100 m					
	=	2.54	m				

Batasan						
Lambung Timbul Sebenarnya						
F_b	=	H - T				
	=	3,30	m			
<i>Lambung Timbul Sebenarnya harus lebih besar dari Lambung Timbul Disyaratkan</i>						
Kondisi	=	Diterima				
Lambung Timbul				Nilai	Satuan	
Lambung Timbul yang Syaratkan				2,54	m	
Lambung Timbul Sebenarnya				3,30	m	
Kondisi				Diterima		

Tabel Kapal Tipe “A”

L	F	L	F	L	F	L	F	L	F
24	200	92	1014	180	2128	228	2857	297	3280
25	208	93	1029	181	2141	229	2865	298	3284
26	217	94	1044	182	2155	230	2872	299	3288
27	225	95	1059	183	2169	231	2880	300	3292
28	233	96	1074	184	2184	232	2888	301	3296
29	242	97	1089	185	2198	233	2895	302	3270
30	250	98	1105	186	2212	234	2903	303	3274
31	258	99	1120	187	2226	235	2910	304	3278
32	267	100	1135	188	2240	236	2918	305	3281
33	275	101	1151	189	2254	237	2925	306	3285
34	283	102	1166	170	2268	238	2932	307	3289
35	292	103	1181	171	2281	239	2939	308	3292
36	300	104	1196	172	2294	240	2945	309	3295
37	308	105	1212	173	2307	241	2953	310	3298
38	316	106	1228	174	2320	242	2959	311	3302
39	325	107	1244	175	2332	243	2966	312	3305
40	334	108	1260	176	2345	244	2973	313	3308
41	344	109	1275	177	2357	245	2979	314	3312
42	354	110	1293	178	2369	246	2986	315	3315
43	364	111	1309	179	2381	247	2993	316	3318
44	374	112	1326	180	2392	248	3000	317	3322
45	385	113	1342	181	2405	249	3006	318	3325
46	395	114	1359	182	2418	250	3012	319	3328
47	406	115	1376	183	2428	251	3018	320	3331
48	420	116	1392	184	2440	252	3024	321	3334
49	432	117	1409	185	2451	253	3030	322	3337
50	443	118	1426	186	2463	254	3036	323	3339
51	455	119	1442	187	2474	255	3042	324	3342
52	467	120	1459	188	2485	256	3048	325	3345
53	478	121	1476	190	2497	257	3054	326	3347

PERHITUNGAN BEBAN

INPUT DATA :

Lpp =	177	Cb =	0.993			
B =	45.00	Cm =	0.971			
H =	12.30	Cp =	0.993			
T =	9.00	w =	177			
Fn =	0.08024					

PERHITUNGAN :

- L konstruksi

Lpp =	177 m				
0.96 Lwl =	169.92 m				
0.97 Lwl =	171.69 m				
Yang diambil :					
L konstruksi =	171.69 m				

- Pelat Lunas Alas dan Bilga

Lebar pelat lunas tidak boleh kurang dari:

	b	= $800 + 5L$				
		= $800 + 5 \cdot 15.62$	= 1658.5	mm		
Jadi:	Lebar pelat lunas diambil	=	1000	mm		
	Lebar pelat bilga diambil	=	1000	mm		

- **Wrang Pelat**

Tinggi wrang pelat tidak boleh kurang dari :

	h	$= 558 - 45$				
		$= 2430$	mm			
	h_{min}	$= 180$	mm			
Jadi:	h yang diambil ialah:		180	mm		

- Basic external dynamic load (P0)

$$P_0 = 2,1.(C_B + 0,7). C_0 . C_L . f \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{Ref: BK1 vol 2 section 4})$$

$$C_0 = ((L/25)+4.1) \times C_{rw} ; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

$C_0 =$	8.226
---------	-------

f =	1	untuk pelat kulit, geladak cuaca
-----	---	----------------------------------

f =	0.75	untuk gading biasa, balok geladak
-----	------	-----------------------------------

f =	0.6	Untuk Gading Besar, Senta, Penumpu
-----	-----	------------------------------------

$$C_1 = (L/90)^{1/2}; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

ϕ_L	(Euros)
=	1.381

$C_{RW} =$	0.75	; untuk pelayaran lokal (L)
------------	------	-----------------------------

$$P_0 = 2.1 \times (0.000 + 0.7) \times 8.226 \times 1.381 \times 1 \times 0.75$$

=	40.390	[kN/m ²]
---	--------	----------------------

$P_{01} = 2,6.(C_E + 0,7). C_0 . C_L$ [kN/m ²]	(Ref: BK) vol 2 section 4)
--	----------------------------

=	50.007	[kN/m ²]
---	--------	----------------------

Beban pelat pada sisi kapal (PS)							
Tabel 1							
	Range		Factor C_b		Factor C_r		
A	$0 \leq x/L < 0,2$		$1,2 - x/L$		$1,0 + 5/C_b [0,2 - x/L]$		
	$x/L =$	0.100	$C_b =$	1.100	$C_r =$	1.504	
M	$0,2 \leq x/L < 0,7$		1		1		
	$x/L =$	0.450	$C_b =$	1	$C_r =$	1	
F	$0,7 \leq x/L \leq 1$		$1,0 + c/3 [x/L - 0,7]$		$1 + 20/C_b [x/L - 0,7]^2$		
	$x/L =$	0.850	$c = 0,15 \cdot L - 10$				
			$C_b =$	1.250	$C_r =$	1.453	
daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]							
$P_1 =$	40.390	kN/m ²					
untuk, $Z_1 =$	1.000	m	(di bawah garis air)				
$P_s = 10 (T - Z) + P_1 \times C_r \times (1 + Z / T)$				(Ref.: Bk1 vol 2 section 4)			
$= 10 (9.0 - 1.000) + 40.390 \times 0 \times (1 + 1.000/9.0)$							
$= 147.477$				kN/m ²			
untuk, $Z_2 =$	2.375	m	(di atas garis air)				
$P_s = 20 \times P_1 \times C_r / (10 + Z - T)$							
$= 20 \times 40.390 \times 1.504 / (10 + 2.375 - 12.3)$							
$= 359.879$				kN/m ²			

Beban pelat pada sisi kapal (PS)							
Tabel 1							
	Range		Factor C_b		Factor C_r		
A	$0 \leq x/L < 0,2$		$1,2 - x/L$		$1,0 + 5/C_b [0,2 - x/L]$		
	$x/L =$	0.100	$C_b =$	1.100	$C_r =$	1.504	
M	$0,2 \leq x/L < 0,7$		1		1		
	$x/L =$	0.450	$C_b =$	1	$C_r =$	1	
F	$0,7 \leq x/L \leq 1$		$1,0 + c/3 [x/L - 0,7]$		$1 + 20/C_b [x/L - 0,7]^2$		
	$x/L =$	0.850	$c = 0,15 \cdot L - 10$				
			$C_b =$	1.250	$C_r =$	1.453	
daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]							
$P_1 =$	40.390	kN/m ²					
untuk, $Z_1 =$	1.000	m	(di bawah garis air)				
$P_s = 10 (T - Z) + P_1 \times C_r \times (1 + Z / T)$				(Ref.: Bk1 vol 2 section 4)			
$= 10 (9.0 - 1.000) + 40.390 \times 0 \times (1 + 1.000/9.0)$							
$= 147.477$				kN/m ²			
untuk, $Z_2 =$	2.375	m	(di atas garis air)				
$P_s = 20 \times P_1 \times C_r / (10 + Z - T)$							
$= 20 \times 40.390 \times 1.504 / (10 + 2.375 - 12.3)$							
$= 359.879$				kN/m ²			

daerah $0.2 \leq z/L < 0.7$ [M]			
untuk, $Z_1 =$	1.000	m	(di bawah garis air)
$P_s =$	$10 (T - Z) + P_b \times C_r \times (1 + Z / T)$		
$=$	$10 (9.0 - 1.000) + 40.390 \times 0 \times (1 + 1.000/9.0)$		
$=$	124.878	kN/m ²	
untuk, $Z_2 =$	2.375	m	(di atas garis air)
$P_s =$	$20 \times P_b \times C_r / (10 + Z - T)$		
$=$	$20 \times 40.390 \times 1 / (10 + 2.375 - 9.0)$		
$=$	239.349	kN/m ²	
daerah $0.7 \leq z/L \leq 1$ [F]			
untuk, $z_1 =$	1.000	m	(dibawah garis air)
$P_s =$	$10 (T - Z) + P_b \times C_r \times (1 + Z / T)$		
$=$	$10 (9.0 - 1.000) + 40.390 \times 1.453 \times (1 + 1.000/9.0)$		
$=$	145.217	kN/m ²	
untuk, $z_2 =$	2.375	m	(diatas garis air)
$P_s =$	$20 \times P_b \times C_r / (10 + Z - T)$		
$=$	$20 \times 40.390 \times 1.453 / (10 + 2.375 - 9.0)$		
$=$	347.826	kN/m ²	
Rekapitulasi beban pada sisi kapal			
A	147.477	kN/m ²	diambil nilai maksimal, maka $P_s = 359.879$ kN/m ²
	359.879		
M	124.878	kN/m ²	
	239.349	kN/m ²	

F	145.217	kN/m ²	
	347.826	kN/m ²	
Beban pada dasar kapal (P_b)			
P _b =	10 . T + P _a . C _r		(Ref : BKI vol 2 section 4)
daerah 0 ≤ x/L < 0.2 [A]			
P _b =	10 × 9.0 + 40.390 × 1.504		
=	150.730	kN/m ²	
daerah 0.2 ≤ x/L < 0.7 [M]			
P _b =	10 × 9.0 + 40.390 × 1		
=	130.390	kN/m ²	
daerah 0.7 ≤ x/L ≤ 1 [F]			
P _b =	10 × 9.0 + 40.390 × 1.453		
=	148.696	kN/m ²	
Rekapitulasi beban pada dasar kapal			
A	150.730	kN/m ²	diambil nilai maksimal, maka P _b = 150.730
M	130.390	kN/m ²	
F	148.696	kN/m ²	
Perbandingan beban sisi (P_s) dengan beban dasar (P_b)			
P _s =	359.879	kN/m ²	
P _b =	150.730	kN/m ²	
diambil beban yang paling besar, maka beban maksimal pada hull			
P =	359.879	kN/m ²	

Beban pada geladak cuaca (P_D)					
$P_D = (P_s \times 20 \times T \times C_D) / ((10 + Z - T)H)$				<i>(Ref.: BKI vol 2 section</i>	
$P_s =$	40.390	kN/m ²			
$H =$	12.3	m			
$Z =$	12.3	m			
daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]					
$C_D =$	1.100				
$P_D = (40.390 \times 20 \times 9.0 \times 1.100) / [(10 + 12.300 - 9.0) \times 12.300]$					
$=$	48.886	kN/m ²			
daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M]					
$C_D =$	1				
$P_D = (40.390 \times 20 \times 9.0 \times 1.000) / [(10 + 12.300 - 9.0) \times 12.300]$					
$=$	44.442	kN/m ²			
daerah $0.7 \leq x/L$ [F]					
$C_D =$	1.250				
$P_D = (40.390 \times 20 \times 9.0 \times 1.250) / [(10 + 12.300 - 9.0) \times 12.300]$					

$=$			8,582	kN/m ²
Rekapitulasi beban pada geladak cuaca				
A	7,552	kN/m ²		
M	6,866	kN/m ²		
F	8,582	kN/m ²		
diambil nilai maksimal, maka				
$P_D =$	8,582	kN/m ²		

PERHITUNGAN TEBAL PELAT

INPUT DATA :

Lpp =	177	Cb =	0,877
B =	45,00	Cm =	0,971
H =	12,30	Cp =	0,877
T =	9,00	lwl =	177
Fn =	0,08024		

PERHITUNGAN

:

- Jarak Gading (a)

Jarak yang diukur dari pinggir mal ke pinggir mal gading.

$$a_0 = L/500 + 0,48 \text{ m} \quad (\text{Ref: BKI 98})$$

$$= 0,52$$

diambil : $a = 0,60 \text{ m}$

- Tebal Pelat Minimum

$$t_{\min} = (1,5 - 0,01 \cdot L) \cdot (L \cdot k)^{1/2}; \text{ untuk } L < 50 \text{ m}$$

$$= 5,814 \text{ mm} \quad \gg \quad 6 \text{ mm}$$

$$t_{\max} = 16 \text{ mm}$$

- Tebal Pelat Alas

untuk 0.4 L amidship :

$$t_{B1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \cdot (P_B \cdot k)^{1/2} + t_K; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

untuk 0.1 L di belakang AP dan 0.05 L di depan FP minimal :

$$t_{B2} = 1,21 \cdot a \cdot (P_B \cdot k)^{1/2} + t_K$$

dimana :

k = Faktor material berdasarkan BKI section 2.B.2

$k = 1$

$n_f = 1$

Untuk Konstruksi melintang

$n_f = 0,83$

Untuk Konstruksi memanjang

a = jarak gading

$a = 0,60 \text{ m}$

$t_K = 1,5$

untuk $t' < 10 \text{ mm}$

$t_K = (0,1 \cdot t' / k^{1/2}) + 0,5$ untuk $t' > 10 \text{ mm}$ (max 3 mm)

daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A], diambil 0.106 L

$P_B = 20,404 \text{ kN/m}^2$

$t_{B1} = 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(20.404 \times 1) + t_K$

$= 5,149 + t_K$

$= 5.149 + 1.5$

$= 6,649 \text{ mm} \quad \gg \quad 7 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 t_{B2} &= 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(20.404 \times 1) + t_K \\
 &= 3,279 + t_K \\
 &= 3.279 + 1.5 \\
 &= 4,779 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

jadi, t pada daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]

$$t = 7 \text{ mm}$$

daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M], diambil 0.529 L

$$P_B = 16,337 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 t_{B1} &= 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(16.337 \times 1) + t_K \\
 &= 4,608 + t_K \\
 &= 4.608 + 1.5 \\
 &= 6,108 \text{ mm} \quad \gg \quad 7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{B2} &= 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(20.404 \times 1) + t_K \\
 &= 2,934 + t_K \\
 &= 2.934 + 1.5 \\
 &= 4,434 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

jadi, t pada daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M]

$$t = 7 \text{ mm}$$

daerah $0.7 \leq x/L$ [F], diambil 0.812 L

$$P_B = 19,998 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 t_{B1} &= 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(19.998 \times 1) + t_K \\
 &= 5,098 + t_K \\
 &= 5.098 + 1.5 \\
 &= 6,598 \text{ mm} \quad \gg \quad 7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{B2} &= 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(19.998 \times 1) + t_K \\
 &= 3,247 + t_K \\
 &= 3.247 + 1.5 \\
 &= 4,747 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

jadi, t pada daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M]

$$t = 7 \text{ mm}$$

Rekapitulasi tebal pelat alas :

A	7	mm	diambil nilai t yang paling besar, maka t alas = 7 mm
M	7	mm	
F	7	mm	

Tebal Pelat Sisi

untuk 0.4 L amidship :

$$t_{S1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \cdot (P_S \cdot k)^{1/2} + t_K ; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

untuk 0.1 L dibelakang AP dan 0.05 L didepan FP minimal :

$$t_{s2} = 1,21 \cdot a \cdot (P_s \cdot k)^{1/2} + t_K$$

dimana :

k = Faktor material berdasarkan BKI section 2.B.2

$$k = 1$$

$$n_f = 1$$

Untuk Konstruksi melintang

$$n_f = 0,83$$

Untuk Konstruksi memanjang

a = jarak gading

$$a = 0,60 \text{ m}$$

$$t_K = 1,5$$

untuk $t' < 10 \text{ mm}$

$$t_K = (0,1 \cdot t' / k^{1/2}) + 0,5 \text{ untuk } t' > 10 \text{ mm (max 3 mm)}$$

daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A], diambil 0.106 L

$$P_s = 18,606 \text{ kN/m}^2$$

$$t_{s1} = 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(18.606 \times 1) + t_K$$

$$= 4,917 + t_K$$

$$= 4.917 + 1.5$$

$$= 6,417 \text{ mm} \gg 7 \text{ mm}$$

$$t_{s2} = 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(18.606 \times 1) + t_K$$

$$= 3,132 + t_K$$

$$= 3.132 + 1.5$$

$$= 4,632 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm}$$

jadi, t pada daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]

$$t = 7 \text{ mm}$$

daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M], diambil 0.529 L

$$P_s = 16,337 \text{ kN/m}^2$$

$$t_{s1} = 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(16.337 \times 1) + t_K$$

$$= 4,608 + t_K$$

$$= 4.608 + 1.5$$

$$= 6,108 \text{ mm} \gg 7 \text{ mm}$$

$$t_{s2} = 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(16.337 \times 1) + t_K$$

$$= 2,934 + t_K$$

$$= 2.934 + 1.5$$

$$= 4,434 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm}$$

jadi, t pada daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]

$$t = 7 \text{ mm}$$

daerah $0.7 \leq x/L$ [F], diambil 0.812 L

$$P_s = 19,998 \text{ kN/m}^2$$

$$t_{s1} = 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(19.998 \times 1) + t_K$$

$$= 5,098 + t_K$$

$$= 5.098 + 1.5$$

$$\begin{aligned}
 &= 6,598 \text{ mm} \quad \gg \quad 7 \text{ mm} \\
 t_{s2} &= 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(18.606 \times 1) + t_K \\
 &= 3,247 + t_K \\
 &= 3.247 + 1.5 \\
 &= 4,747 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

jadi, t pada daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]

$$t = 7 \text{ mm}$$

Rekapitulasi tebal pelat sisi :

A	7	mm
M	7	mm
F	7	mm

diambil nilai t yang paling besar, maka
t sisi = 7 mm

- Tebal Pelat Geladak**

Tebal pelat geladak ditentukan dari nilai terbesar dari formula berikut:

$$t_D = 1,21 \cdot a \cdot (P_D \cdot k)^{1/2} + t_K$$

dimana :

k = Faktor material berdasarkan BKI section 2.B.2

$$k = 1$$

a = jarak gading

$$a = 0,60 \text{ m}$$

$$t_K = 1,5 \quad \text{untuk } t' < 10 \text{ mm}$$

$$t_K = (0,1 \cdot t' / k^{1/2}) + 0,5 \quad \text{untuk } t' > 10 \text{ mm (max 3 mm)}$$

daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A], diambil 0.1 L

$$P_D = 5,301 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 t_{E1} &= 1.21 \times 0.6 \times \text{SQRT}(5.301 \times 1) + t_K \\
 &= 1,672 + t_K \\
 &= 1.672 + 1.5 \\
 &= 3,172 \text{ mm} \quad \gg \quad 4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

jadi, t pada daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]

$$t = 5 \text{ mm}$$

daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M], diambil 0.5 L

$$P_D = 4,819 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 t_{E1} &= 1.21 \times 0.6 \times \text{SQRT}(4.819 \times 1) + t_K \\
 &= 1,594 + t_K \\
 &= 1.594 + 1.5 \\
 &= 3,094 \quad \gg \quad 4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

jadi, t pada daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M]

$$t = 5 \text{ mm}$$

daerah $0.7 \leq x/L$ [F], diambil $0.8 L$

$$P_D = 6,024 \text{ kN/m}^2$$

$$t_{E1} = 1.21 \times 0.6 \times \text{SQRT}(6.024 \times 1) + t_K$$

$$= 1,782 + t_K$$

$$= 1.782 + 1.5$$

$$= 3,282 \text{ mm} \gg 4 \text{ mm}$$

jadi, t pada daerah $0.7 \leq x/L$ [F]

$$t = 5 \text{ mm}$$

Rekapitulasi tebal pelat geladak

:

A	5	mm
M	5	mm
F	5	mm

diambil nilai t yang

paling besar, maka

$$t \text{ geladak} = 5 \text{ mm}$$

Equipment & Outfitting

1. Table Set

Jumlah Panel Surya	=	3125	unit
Berat Meja	=	26,988746	kg
Berat Total	=	84339,83125	kg

REC REC315PE72 315 Watt 72 Polycrystalline Cell Solar Panel w/Silver Frame

Optional Services

- Installation
- Solar Permit Service
- Solar Financing

Solar Components

- Complete Solar Kits
- Solar Panels
- Grid Tie Inverters

Racks & Mounts

- Roof Mount
- Ground Mount
- Installation Guides



List Price: ~~\$343.20~~ Save \$31.20!

Sale Price: \$312.00

Out of stock.
Please Contact Us for an alternative.

Order Qty: [ADD TO CART](#)

4 panels min order. Freight charges from California apply.

[REQUEST SHIPPING QUOTE](#)

[Like](#) [Tweet](#) [Share](#)

2. Bracket Solar Panel

Jumlah Bracket	=	3125	unit
Berat Bracket	=	1	kg
Berat Total	=	3125	kg



3. Inverter

Jumlah Inverter	=	2	unit
Berat Inverter	=	20000	kg
Berat Total	=	40000	kg



4. Baterai

Jumlah Baterai	=	4	unit
Berat Baterai	=	80000	kg
Berat Total	=	320000	kg



6. Solar controller Panel

Jumlah Solar Controller Panel	=	1	unit
Berat Controller	=	24000	kg
Berat Total	=	24000	kg



Perhitungan Berat Kapal (DWT + LWT)

Berat Kapal Bagian DWT			
No	Item	Value	Unit
1	Berat Penumpang dan Barang Bawaan		
	Berat Ballast Water	67000000	kg
	Massa Jenis Air Laut	1.025	ton/m ³
	Berat total	67000001.03	kg
		67000.001	ton

Berat Kapal Bagian LWT			
No	Item	Value	Unit
1	Berat Lambung (hull) Kapal		
	<i>Dari software Maxsurf Pro & Autocad, didapatkan luasan permukaan lambung kapal</i>		
	Luas Bottom	7,824.465	m ²
	Luas Sisi (Kiri + Kanan)	4327.124	m ²
	Luas Depan	564.597	m ²
	Luas Belakang	556.304	m ²
	Total luasan lambung kapal	13272.490	m ²
	Tebal pelat lambung	8	mm
		0.008	m
	Volume shell plate = luas x tebal	106.180	m ³
	<i>r</i> baja	7.85	gr/cm ³
		7850	kg/m ³
	Berat Total	833512.372	kg
		833.512	ton
2	Berat Geladak (deck) Kapal		
	<i>Dari software Maxsurf Pro, didapatkan luasan permukaan geladak kapal</i>		
	Luasan 1st deck kapal	7965.000	m ²
	Tebal pelat 1st deck	0.006	m
	Volume shell plate = luas x tebal	47.790	m ³
	<i>r</i> baja	7.85	gr/cm ³
		7850	kg/m ³
	Berat Total	375151.500	kg
		375.152	ton

3	Berat Konstruksi Lambung Kapal		
	<i>Berat konstruksi lambung kapal menurut pengalaman empiris 20% - 25% dari berat logam lambung kapal (diambil 25%)</i>		
	Berat baja lambung + geladak kapal	1208.664	ton
	25% dari berat baja kapal	302.166	ton
	Berat Konstruksi Total	302.166	ton
4	Equipment & Outfitting		
	Berat Total	127464.831	kg
		127.465	ton
5	Genset		
	Berat Water pump	144.000	kg
	Berat Total	144.000	kg
		0.144	ton

Total Berat Bagian LWT			
No	Komponen Berat Kapal Bagian LWT	Value	Unit
1	Berat Lambung (hull) Kapal	833.512	ton
2	Berat Geladak (deck) Kapal	375.152	ton
3	Berat Konstruksi Lambung Kapal	302.166	ton
7	Equipment & Outfitting	127.465	ton
Total		1638.295	ton

Total Berat Kapal (DWT + LWT)			
No	Komponen Berat Kapal	Value	Unit
1	Berat Kapal Bagian DWT	67000.001	ton
2	Berat Kapal Bagian LWT	1638.295	ton
Total		68638.296	ton

Batasan Kapasitas Kapal Sesuai Hukum Archimedes			
No	Komponen Berat Kapal	Value	Unit
1	Displacement = $L \times B \times T \times C_b \times \rho$	72955.728	ton
2	DWT	67000.001	ton
3	LWT	1638.295	ton
4	Displacement = DWT + LWT	68638.296	ton
Selisih		4317.432	ton
		5.92%	

Perhitungan Titik Berat Floating Power Plant

NO.	Equipment	Jumlah Unit	Berat (ton)	Longitudinal Arm (m)	Transverse Arm (m)	Vertical Arm (m)
1	Controller	1	24.00	14.84	9.98	9.49
2	Inverter	2	40.00	36.03	0.00	9.28
3	Battery	4	320.00	88.80	0.00	10.50

Perhitungan trim dilakukan dengan menggunakan software *Maxsurf Stability Enterprise* dan dibandingkan dengan beberapa batasan berikut :

Ukuran Utama						
Lpp	=	177.00	m			
T	=	9.00	m			
H	=	12.30	m			
B	=	45.00	m			
\tilde{N}	=	71176.32	m ³			
C _B	=	0.993				
C _M	=	1.000				
C _P	=	0.993				
C _{wp}	=	0.988				
Batasan Trim						
Trim maksimal menurut SOLAS Reg II/7 =						
0.5%Lwl	=	0.885	m			
Perhitungan Trim Menurut Maxsurf Stability Enterprise						
Trim kondisi 100% pengunjung				Kondisi trim	Kondisi Syarat	
Kondisi Fresh Water 100%	=	0.014	m	Trim Buritan	<i>Accepted</i>	
Kondisi Fresh Water 50%	=	0.010	m	Trim Buritan	<i>Accepted</i>	
Kondisi Fresh Water 0%	=	0.016	m	Trim Buritan	<i>Accepted</i>	

Rekapitulasi Kriteria Stabilitas Floating Power Plant

No	Kriteria	Kondisi Loadcase Saat Comsumable					
		Ballast Water					
		0%	50%	Kondisi	100%	Kondisi	Satuan
1	Area 0 to 30 (≥ 3.1513)	421.29	175.985	<i>Accepted</i>	122.6219	<i>Accepted</i>	m.deg
2	Area 0 to 40 (≥ 5.1513)	550.01	247.1808	<i>Accepted</i>	183.3766	<i>Accepted</i>	m.deg
3	Area 30 to 40 (≥ 1.7189)	128.7162	71.1957	<i>Accepted</i>	60.7546	<i>Accepted</i>	m.deg
4	Max GZ at 30 or greater (≥ 0.2)	14.082	7.87	<i>Accepted</i>	6.105	<i>Accepted</i>	m
5	$\theta_{GZmax} \geq 15^\circ$	13.6	23.6	<i>Failed</i>	33.6	<i>Accepted</i>	deg
6	$GM \geq 0,15$	686.641	28.59	<i>Accepted</i>	19.965	<i>Accepted</i>	m
7	Passenger Crowding ($\leq 10^\circ$) (angle of equilibrium)	0.1	0	<i>Accepted</i>	0	<i>Accepted</i>	deg
				<i>Accepted</i>		<i>Accepted</i>	
8	Turn : angle of equilibrium ($\leq 10^\circ$)	0.1	0	<i>Accepted</i>	0	<i>Accepted</i>	deg
9	Severe wind & rolling						
	Angle of steady heel shall not be greater than ($\leq 16^\circ$)	0.2	0	<i>Accepted</i>	0	<i>Accepted</i>	deg
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than ($\leq 80\%$)	0.27	0.17	<i>Accepted</i>	0.18	<i>Accepted</i>	%
	Area1 / Area2 shall not be less than ($\geq 100\%$)	170.82	219.39	<i>Accepted</i>	487.77	<i>Accepted</i>	%

LAMPIRAN C

PERHITUNGAN BIAYA PEMBANGUNAN *FLOATING* *POWER PLAN*

Building Cost

Pelat Kapal & Elektroda	No	Item	Value	Unit
	1	Lambung Kapal (hull)		
		(tebal pelat lambung = 8 mm, jenis material = baja)		
		Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-detail/ah36-steel-plate-for-shipbuilding-60239600140.html?s=p		
		Harga	800.00	USD/ton
		Berat hull	833.51	ton
		Harga Lambung Kapal (hull)	666809.90	USD
	2	Geladak Kapal (deck)		
		(tebal pelat geladak = 6 mm, jenis material = baja)		
		Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-detail/ah36-steel-plate-for-shipbuilding-60239600140.html?s=p		
		Harga	800.00	USD/ton
		Berat geladak	375.15	ton
		Harga Lambung Kapal (deck)	300121.20	USD
	3	Konstruksi Lambung		
		Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-detail/ah36-steel-plate-for-shipbuilding-60239600140.html?s=p		
		Harga	800.00	USD/ton
		Berat konstruksi	302.166	ton
		Harga Konsruksi Lambung	241732.8	USD
	4	Elektroda		
		(diasumsikan 6% dari berat pelat kapal)		
		Sumber: Nekko Steel - Aneka Maju.com		
		Harga	500	USD/ton
		Berat pelat kapal total (hull, deck, konst, bangunan atas)	90.650	ton
		Harga Elektroda	45325	USD
		Total Harga Pelat Kapal & Elektroda	1253989	USD

Equipment & Outfitting	No	Item	Value	Unit
		Panel Surya		
		(dimension: 2 x 1 x 0.04)		
		Sumber : https://www.gogreensolar.com		
	1	Harga	312.00	USD/m
		Jumlah Panel Surya	3,125.00	m
		Harga Panel Surya 320 Watt	975000.00	USD
	2	Dudukan Panel Surya		
		(dimension: 1 x 1)		

	<i>Sumber: www.google.com</i>		
	Harga per unit	11.1	USD
	Jumlah	3,125.00	unit
	Harga Total	34,688	USD
	Inverter		
	<i>(Daya = 2000 kW)</i>		
	<i>Sumber: www.alibaba.com</i>		
	3	Harga per unit	149.7 unit
		Jumlah	2.00 USD
		Harga Total	299.40 USD
	Baterai		
	<i>(Daya = 2000 kW)</i>		
	<i>Sumber: www.alibaba.com</i>		
	4	Jumlah	4 unit
		Harga per unit	1,200.0 USD
		Harga Total	4800.0 USD
	Solar Controller Panel		
	<i>(Daya = 1000 V, 1250 A)</i>		
	<i>Sumber: www.alibaba.com</i>		
	5	Jumlah	1 unit
		Harga per unit	5,468.75 USD
		Harga Total	5468.75 USD
	Mooring Bouy		
	<i>Sumber: www.alibaba.com</i>		
	6	Jumlah	4 unit
		Harga per unit	10 USD
		Harga Total	40 USD
	Close Chock		
	<i>Sumber: www.alibaba.com</i>		
	7	Jumlah	2 unit
		Harga per unit	158 USD
		Harga Total	316 USD
	Kabel		
	<i>Sumber: www.alibaba.com</i>		
	8	Jumlah	50 unit
		Harga per unit	2 USD
		Harga Total	94 USD
	Pintu Kedap		
	9	Jumlah	1
		Harga per unit	450

		Harga Total	450	
	10	Tali Tambat		
		Jumlah	2	Unit
		Harga per unit	405	USD
		Harga total	810	USD
	11	Water Pump		
		<i>(1 unit water pump merk freesea)</i>		
		Harga per unit	100	USD/unit
		Shipping Cost	500.00	USD
		Harga Water pump	600	USD
	Total Harga Equipment and Outfitting		1021068	USD

Koreksi Ekonomi	No	Item	Value	Unit
	1	Pelat Kapal & Elektroda	1253989	USD
	2	Equipment & Outfitting	1021068	USD
	Total Harga (USD)		2275056	USD
	Kurs Rp - USD (per 13 Desember 2017, BI)		13521	Rp/USD
	Total Harga (Rupiah)		30,761,036,140.36	Rp

Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah

sumber: Tugas Akhir "Studi Perancangan Trash-Skimmer Boat Di Perairan Teluk Jakarta", 2012

No	Item	Value	Unit
1	Keuntungan Galangan		
	<i>10% dari biaya pembangunan awal</i>		
	Keuntungan Galangan	3,076,103,614.04	Rp
2	Biaya Untuk Inflasi		
	<i>2% dari biaya pembangunan awal</i>		
	Biaya Inflasi	615,220,722.81	Rp
3	Biaya Pajak Pemerintah		
	<i>10% dari biaya pembangunan awal</i>		
	Biaya Dukungan Pemerintah	3,076,103,614.04	Rp
	Total Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi	6,767,427,950.88	Rp

$$\begin{aligned}
&= \text{Biaya Pembangunan} + \text{Profit Galangan} + \text{Biaya Inflasi} - \text{Bantuan Pemerintah} \\
&= 30,761,036,140 + 3,076,103,614 + 615,220,723 + 3,076,103,614
\end{aligned}$$

= Rp 37,528,464,091.24

OUT COME						
I. Biaya Investasi						
Estimasi biaya pembangunan kapal :				Rp	37,528,464,091	
II. Gaji Pekerja						
No	Item	Person	monthly payment (Rp)/person	Annual payment (Rp)/person	monthly payment (Rp)	Annual payment (Rp)
1	Power Plant Engineer	2	20,000,000.00	240,000,000.00	40,000,000.00	480,000,000.00
2	Administration	1	3,000,000.00	240,000,000.00	20,000,000.00	240,000,000.00
3	Solar Cells Operator	2	10,000,000.00	120,000,000.00	20,000,000.00	240,000,000.00
4	Electrical Engineer	2	20,000,000.00	240,000,000.00	40,000,000.00	480,000,000.00
5	Mechanical Engineer	2	20,000,000.00	240,000,000.00	40,000,000.00	480,000,000.00
TOTAL				1,080,000,000.00	160,000,000.00	1,920,000,000.00
				Total 2 Shift	320,000,000.00	3,840,000,000.00

Biaya Perawatan			
<i>Diasumsikan 10% total dari building cost</i>			
Total maintenance cost	Rp	3,752,846,409	per tahun
Total maintenance cost	Rp	312,737,201	per bulan
Total Out Come per tahun	=	Rp	5,672,846,409.12
Total Out Come per bulan	=	Rp	472,737,200.76

- Harga Listrik 2017 dari PLN (Rp/ kWh) = Rp 1.467,28
- Harga Energi Listrik yang dihasilkan per hari = 1000 kWh x Rp 1.467,28
= Rp 1.467.280,-
- Harga Energi Listrik yang dihasilkan per bulan = 30 x Rp 1.467.280,-
= Rp 44.018.400,-
- Harga Energi Listrik yang dihasilkan per tahun = 12 x Rp 44.018.400,-
= Rp 528.220.800,-

Jadi, besar harga energi listrik yang dihasilkan per tahun untuk Provinsi Maluku Utara adalah **Rp 528.220.800,-**

Pinjaman Bank		
Biaya	Nilai	Unit
Building Cost	37,528,464,091	Rp
Pinjaman dari Bank	65%	
Pinjaman	24,393,501,659	Rp
Bunga Bank	13.5%	Per tahun
Nilai Bunga Bank	3,293,122,724	Per tahun
Masa Pinjaman	4	Tahun
Pembayaran Cicilan Pinjaman	1	Per Tahun
Nilai Cicilan Pinjaman	9,391,498,139	Rp

Biaya Perawatan		
<i>Diasumsikan 10% total dari building cost</i>		
Total maintenance cost	Rp 3,752,846,409	per tahun

Asuransi		
<i>Diasumsikan 2% total dari building cost</i>		
Biaya asuransi	Rp 750,569,282	per tahun

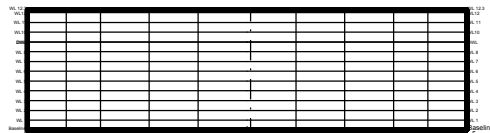
Gaji Komplemen Kapal		
Jumlah komplemen kapal	16	
Gaji komplemen kapal per bulan	Rp 263,000,000	
Gaji komplemen kapal per tahun	Rp 3,156,000,000	

OPERATIONAL COST		
Biaya	Nilai	Masa
Cicilan Pinjaman	Rp 9,391,498,139	per tahun
Gaji Komplemen	Rp 3,156,000,000	per tahun
Biaya Perawatan	Rp 3,752,846,409	per tahun
Asuransi	Rp 750,569,282	per tahun
Total	Rp 17,050,913,830	per tahun

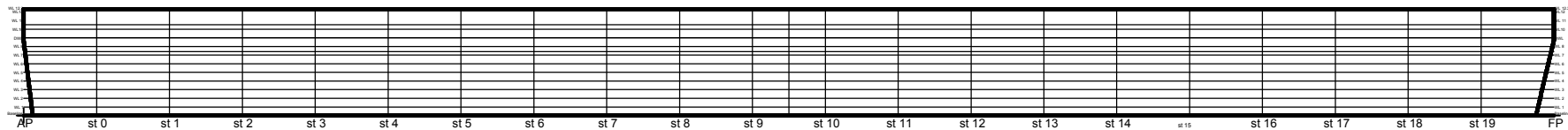
LAMPIRAN D

DESAIN *LINES PLAN FLOATING POWER PLANT*

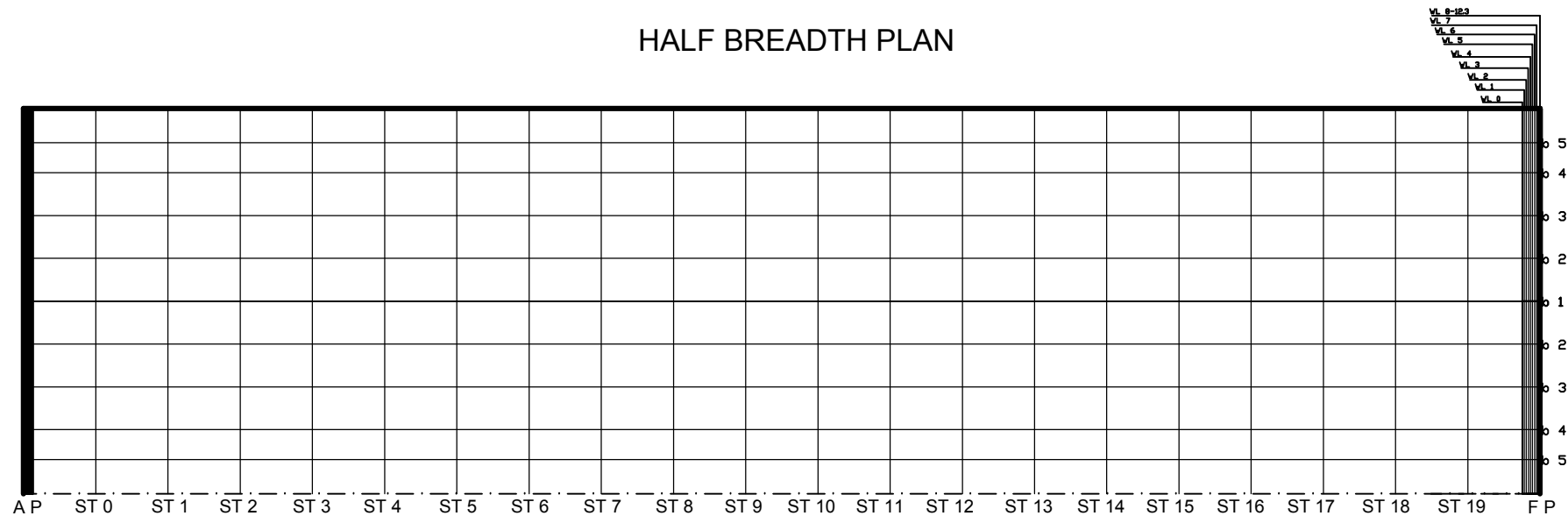
BODY PLAN



SHEER PLAN



HALF BREADTH PLAN



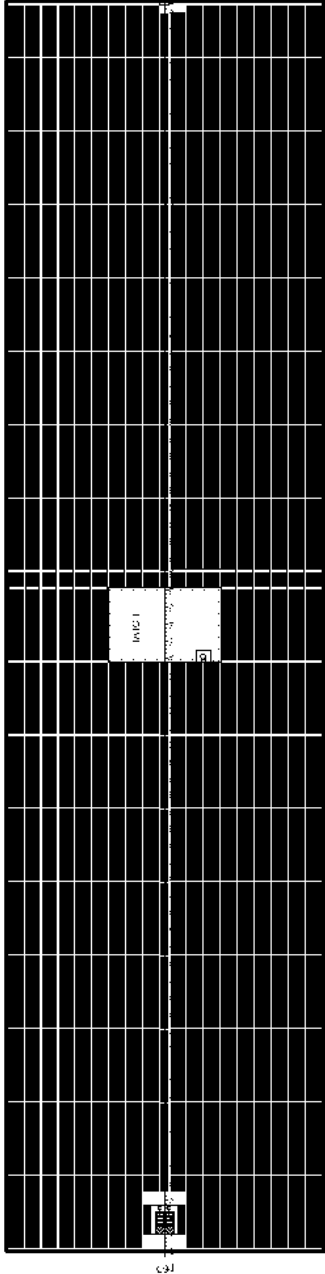
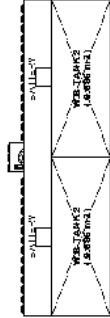
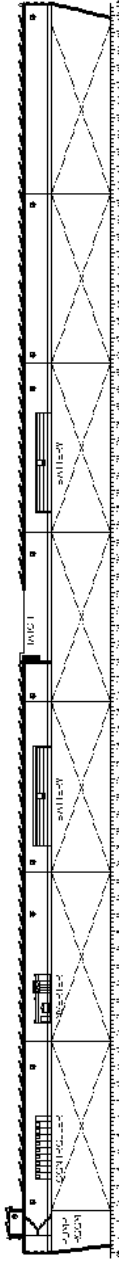
PRINCIPAL DIMENSION FLOATING POWER PLANT			
LENGTH OVER ALL (LOA)	: 177	m	
LENGTH OF WATER LINE (LWL)	: 177	m	
LENGTH OF PERPENDICULAR (LPP)	: 177	m	
BREADTH (MLD)	: 45	m	
DEPTH (MLD)	: 12.3	m	
DRAFT (DWL)	: 9	m	
SERVICE SPEED (Vs)	: 0	Knots	

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY			
BARGE FLOATING POWER PLANT			
LINES PLAN			
SCALE	: 1 : 200	SIGNATURE	DATE
DRAWN	• Dina Ayu Pratiyasa		
CHECKED	• Ir. Wasis Dwi Arsyawan, M.Sc., Ph.D.		SPR : 4113100055
APPROVED	• Ir. Wasis Dwi Arsyawan, M.Sc., Ph.D.		

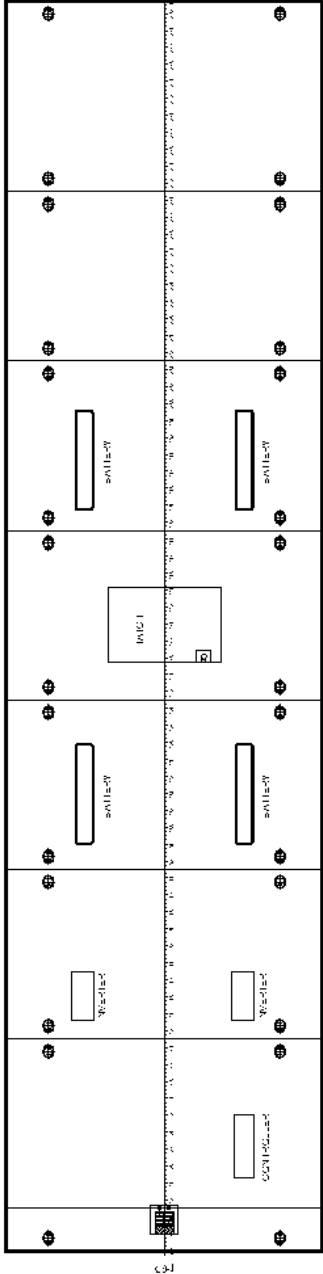
LAMPIRAN E

**DESAIN *GENERAL ARRANGEMENT FLOATING POWER
PLANT***

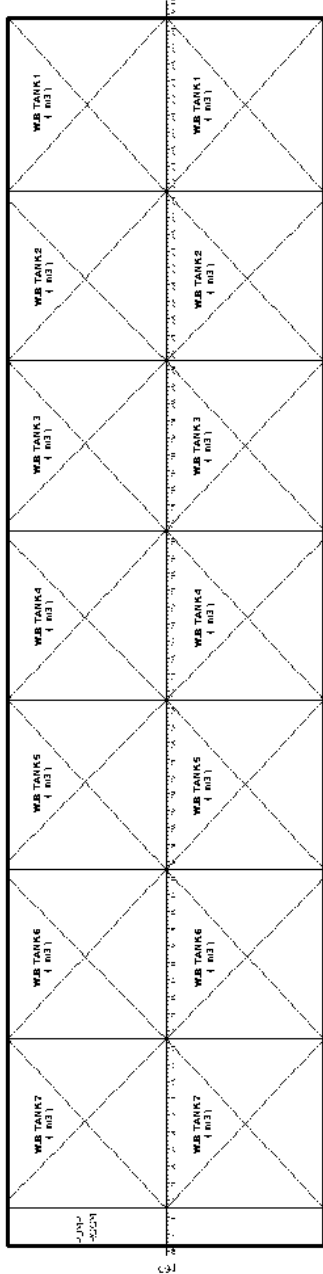
SIDE ELEVATION



MAIN DECK



SECOND DECK



DOUBLE BOTTOM

PRINCIPAL DIMENSIONS			
- FLOATING POWER PLANT			
LENGTH	177	177	177
BREADTH	177	177	177
HEIGHT	177	177	177
WATER TANKS	177	177	177
DOUBLE BOTTOM	177	177	177
WATER TANKS	177	177	177
DOUBLE BOTTOM	177	177	177
WATER TANKS	177	177	177
DOUBLE BOTTOM	177	177	177

PRINCIPAL DIMENSIONS			
- FLOATING POWER PLANT			
LENGTH	177	177	177
BREADTH	177	177	177
HEIGHT	177	177	177
WATER TANKS	177	177	177
DOUBLE BOTTOM	177	177	177
WATER TANKS	177	177	177
DOUBLE BOTTOM	177	177	177
WATER TANKS	177	177	177
DOUBLE BOTTOM	177	177	177

BARGE

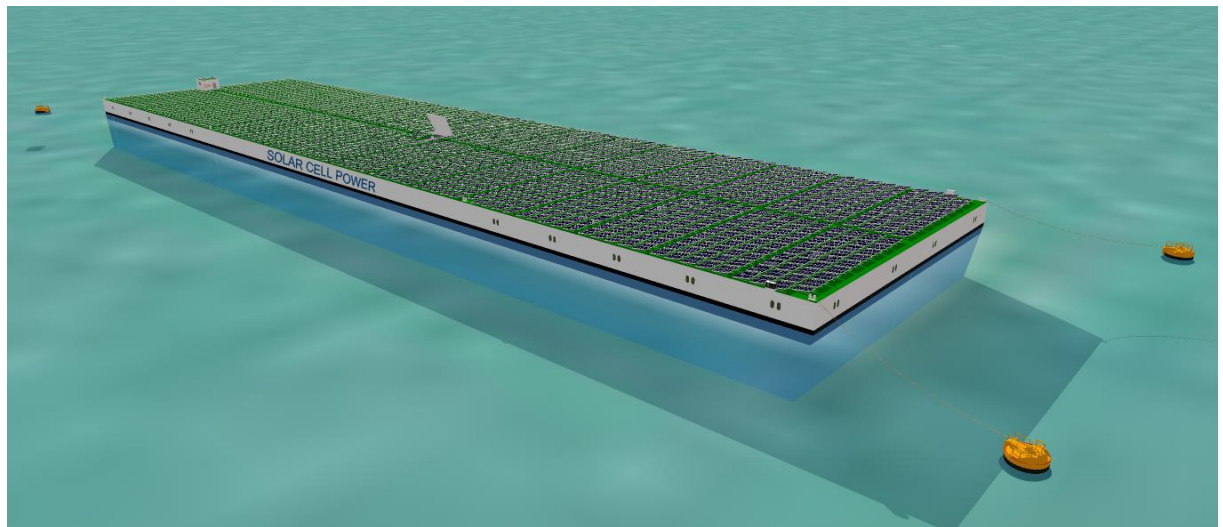
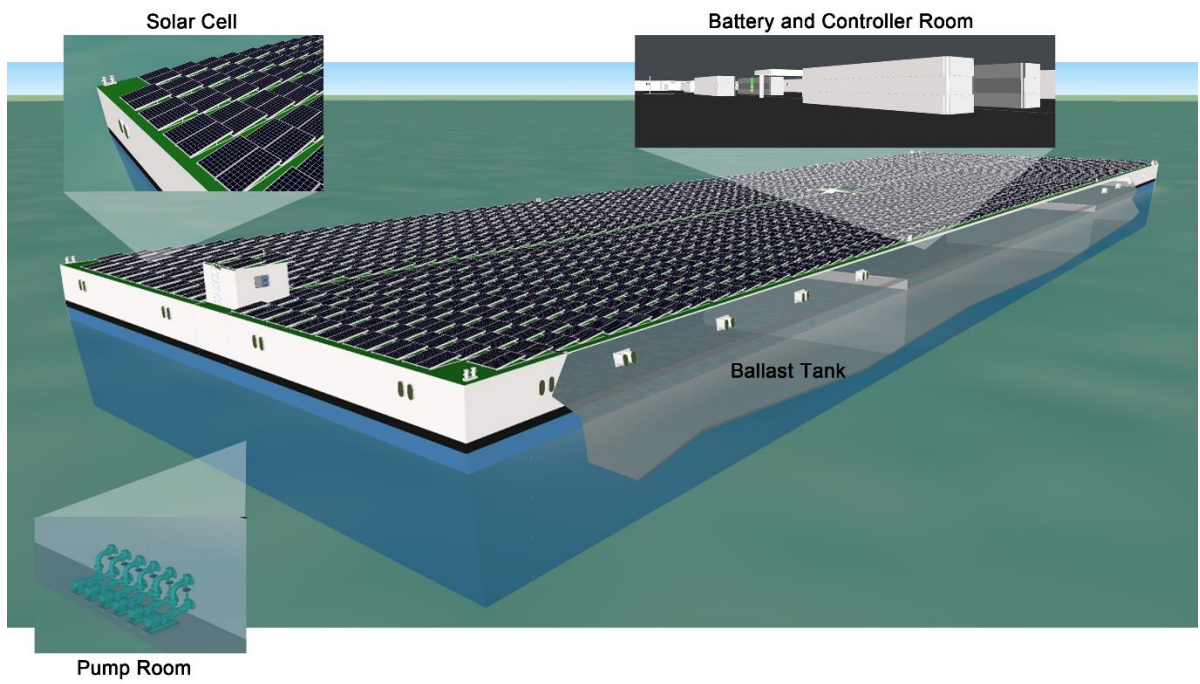
FLOATING POWER PLANT

GENERAL ARRANGEMENT

PRINCIPAL DIMENSIONS			
- FLOATING POWER PLANT			
LENGTH	177	177	177
BREADTH	177	177	177
HEIGHT	177	177	177
WATER TANKS	177	177	177
DOUBLE BOTTOM	177	177	177
WATER TANKS	177	177	177
DOUBLE BOTTOM	177	177	177
WATER TANKS	177	177	177
DOUBLE BOTTOM	177	177	177

LAMPIRAN F

DESAIN 3D MODEL *FLOATING POWER PLANT*



BIODATA PENULIS



Dina Ayu Puspitasari, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Bojonegoro pada 01 Mei 1995 silam, Penulis merupakan anak pertama dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Al-Kamil, kemudian melanjutkan ke SDN Semolowaru I-261, SMPN 23 Surabaya dan SMAN 17 Surabaya. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2013 melalui jalur SBMPTN tulis.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi Wakil Sekretaris HIMATEKPAL FTK ITS 2014/2015 serta Sekretaris HIMATEKPAL FTK ITAS 2015/2016. Selain itu penulis juga aktif di Sub-Event HIMATEKPAL FTK ITS, yaitu menjadi Bendahara SFSC SAMPAN 9

Email: dina13@mhs.na.its.ac.id/dinaayupspt@gmail.com